

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних  
виробництв**

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»**

**з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування**

**спеціалізація** Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення каландра для модернізації картоноробної  
машини**

**Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-82мп**

Сапіга Євген Андрійович \_\_\_\_\_

**Керівник дисертації** канд. техн. наук, проф. Марчевський В.М. \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун \_\_\_\_\_

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна \_\_\_\_\_

(підпис)

технологія виготовлення кришки

канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос \_\_\_\_\_

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов \_\_\_\_\_

(підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

---

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»

**спеціальність:** 133 - Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання целюлозно-паперового виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я.М. Корнієнко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Сапізі Євгену Андрійовичу

**1. Тема дисертації:** «Розроблення каландра для модернізації картоноробної машини»

керівник дисертації Марчевський В.М.. канд. техн. наук, проф.

затверджені наказом по університету від 01 листопада 2019 р. № 3807-с.

**2. Термін подання студентом проекту:** 04 грудня 2019 р.

**3. Вихідні дані до проекту:** Швидкість картоноробної машини – 600 м/хв, загальна маса квадратного метра картону – 175 г/м<sup>2</sup>, сухість картонного полотна до преса – 25 %; сухість картонного полотна після преса – 31 % ширина картонного полотна – 4,2 м.

**4. Зміст пояснювальної записки:**

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій пресів, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а саме,

технологічний, параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) маркетинг стартап-проектів: створити стартап-проект модернізованого апарату;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією картоноробної машини, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації картоноробної машини та дії обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування пресу; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення кришки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій.

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** прес загальний вид – А1, відсмоктуючий вал – А0, гранітний вал – А0, механізм прижима – А3х43, привід – А1, кришка – А2, трьохкулачковий патрон важільно-клиновий – А1, схема автоматизації – А1, плакат – А1х3.

## **6. Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А.Ю.		

**7. Дата видачі завдання** 02 вересня 2019 р.

## РЕФЕРАТ

УДК 676.026.2

Магістерська дисертація на тему «Розроблення каландра для модернізації картоноробної машини» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник В.М.Марчевський. – К., 2019. – 132 с. : іл. – Викон. Є.А.Сапіга. – Бібліогр.: с. 132.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 25 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 132 с. основного тексту, 19 рисунків, 24 таблиць і 3 додатків.

Метою роботи є проектування і модернізація конструкції машинного каландра, призначеного для каландрування картонного полотна.

Поставлена задача досягається шляхом дослідження літературних джерел, виконанням розрахунків формуючої частини та основних вузлів і деталей конструкції, розробкою необхідних креслеників. Виконано аналіз результатів, наведено висновки та список використаної літератури.

Графічна частина проекту включає кресленики форматів А1х6, А2х1, А3х1, що містять: складальні кресленики вала плаваючого, вала гріючого, каландра машинного та схеми автоматизації. До складальних креслеників складені специфікації.

Основні результати роботи висвітлені на двох міжнародних конференціях та науковій статті.

## Реферат

УДК 676.026.2

Магистерская диссертация на тему «Разработка каландра для модернизации картоноделательной машины» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель В.М.Марчевский. - М., 2019. - 132 с.: Ил. - Викон. Е.А.Сапига. - Библиогр. : с. 132.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок с 25 наименований. Общий объем работы составляет 132 с. основного текста, 19 рисунков, 24 таблиц и 3 приложений.

Целью работы является проектирование и модернизация конструкции машинного каландра, предназначенного для каландрирования картонного полотна.

Поставленная задача достигается путем исследования литературных источников, выполнением расчетов формирующей части и основных узлов и деталей конструкции, разработкой необходимых чертежей. Выполнен анализ результатов, приведены выводы и список использованной литературы.

Графическая часть проекта включает чертежи форматов А1х6, А2х1, А3х1, содержащие: сборочные чертежи вала плавающего, вала греющего, каландра машинного и схемы автоматизации. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Основные результаты работы освещены на двух международных конференциях и научной статье.

## ABSTRACT

UDC 676.026.2

Master's thesis on "Development of calender for cardboard machine modernization" / KPI them. Igor Sikorsky; Head VM Marchevsky. - K., 2019. - 132 pp.: Illus. - Window. EA Sapiga. - Bibliogr. : p. 132.

The explanatory note consists of an introduction, 8 sections, conclusions, a list of references of 25 titles. The total volume of work is 132 seconds. main text, 19 figures, 24 tables and 3 appendices.

The purpose of the work is to design and modernize the design of a machine calender designed for calendering cardboard cloth.

This task is achieved through the study of literary sources, the calculation of the forming part and the main components and nodes of the design, the development of the necessary drawings. The results are analyzed, conclusions are drawn, and the list of used literature is given.

The graphic part of the project includes drawings of A1x6, A2x1, A3x1 formats, containing: assembly drawings of floating shaft, heating shaft, machine calender and automation scheme. Specifications are drawn up for the assembly drawings.

The main results of the work are covered at two international conferences and a scientific article.

## Зміст

Вступ.....	11
Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
1 Призначення та область застосування.....	13
1.2 Вибір типу каландру та його місце в технологічній схемі.....	14
2 Технічна характеристика.....	15
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції.....	16
3.1 Опис конструкції.....	16
3.2 Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами .	21
3.3 Патентне дослідження .....	24
3.4 Охорона праці.....	29
4 Розрахунки що підтверджують процесдатність та надійність конструкції	37
4.1 Параметричний розрахунок установки.....	37
4.2 Розрахунок вала з гідропідтримкою оболонки .....	40
4.2.1 Розрахунок оболонки вала .....	40
4.2.2 Розрахунок осердя.....	42
4.2.3 Розрахунок тиску мастила в робочій камері вала .....	44
4.2.4 Розрахунок важелля валу .....	45
4.2.5 Розрахунок осі 1 по першому варіанту навантаження .....	48
4.2.6 Розрахунок осі 1 по другому варіанту навантаження.....	39
4.2.7 Розрахунок осі 2.....	40
5.3 Розрахунок потужності приводу .....	52
5.3.1 Розрахунок тягових зусиль.....	52
5.3.2 Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валів .....	52
5.3.3 Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу .....	53

					ЛН82.705367.001 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Сапіга			Модернізація каландру машинного для картоноробної машини		Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Марчевський							9	
Реценз.							НТУУ "КПІ", ІХФ, каф. МАХНВ			
Н. Контр.										
Затверд.										

5.3.4 Тягове зусилля на подолання тертя шабера по поверхні вала .....	55
5.3.5 Розрахунок потужності .....	58
6 Рекомендації щодо експлуатації та мотнажу каландра .....	46
7 Економічна частина проекту.....	64
8 Висновки .....	99
9 Перелік посилань.....	103
Додаток А. Автоматична система керування каландром .....	106
Додаток Б. Технологічний процес виготовлення важеля .....	114
Додаток В. Публікації автора.....	132



## Вступ

Каландрування – процес обробки матеріалів на каландрі, з метою підвищення гладкості, щільності, лоску, а також вирівнювання товщини матеріалів. В паперовому виробництві каландрування здійснюють на машинних каландрах, установлених в кінці сушильної частини КРМ.

В целюлозно-паперовій промисловості для каландрування паперу та картону найбільше поширення отримали машинні каландри, які порівняно з суперкаландрами мають такі переваги: простота і дешевизна конструкції, менші витрати електроенергії.

У зв'язку з тим, що обробка картону на суперкаландрі потребує значних затрат енергії та трудомістка, від цієї операції намагаються відмовитись, передбачивши перед цим заходи з покращення якості обробки на каландрі машинному. Тому питання розробки нових більш економічних, безвідхідних та модернізації існуючих конструкцій каландра шляхом підвищення ефективності використання ресурсів і зниження енерго- і матеріалоємності виробництва паперу зараз дуже актуальне.

Метою дипломного проекту є модернізація каландра машинного картоноробної машини з розробкою вала з гідропідтримкою сорочки, розробкою гріючого вала та прижима валів за допомогою гідроциліндра. Розроблюваний каландр дозволяє покращити гладкість картонного полотна, відмовитися від застосування суперкаландра та підвищити продуктивність КРМ.

Поставлена мета досягається вирішенням таких основних завдань:

- проведення аналізу існуючих конструкцій та вибір складових частин, які задовольняють вимогам сучасної промисловості;
- виконання енергетичних розрахунків та вибір приводу каландру;
- проведення конструктивних розрахунків, необхідних для перевірки надійності та працездатності основних елементів конструкції каландра;
- проведено економічне і технологічне обґрунтування.

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів Умовні скорочення: ПрАТ «ККПК» – Приватне акціонерне товариство «Київський картоннопаперовий комбінат» КРМ – картоноробна машина; ККД – коефіцієнт корисної дії. Умовні позначення:  $q_l$  – лінійний тиск, кН/м;  $M$  – момент, Н·м;  $W$  – момент опору, мЗ ;

$f$  – прогин, м;

$F$  – площа, м<sup>2</sup> ;

$b$  – ширина, м;

$H, h$  – висота, м;

$D, d$  – діаметри, м;

$m$  – маса, кг;

$V$  – об'єм, мЗ ;

$N$  – потужність, Вт;

$n$  – частота обертання, с<sup>-1</sup> ;

$P_c$  – сила тяжіння оболонки вала

$E$  – модуль пружності, МПа;

$I$  – момент інерції, м<sup>4</sup> ;

$G$  – сила тяжіння валу, Н;

$p$  – тиск повітря, Па;

$T$  – тягове зусилля, Н;

$Q$  – навантаження на вал, Н;

$\Pi$  – периметр ущільнення, м

$\delta$  – товщина ущільнення;

$\omega$  – кутова швидкість, с<sup>-1</sup>

# 1 Призначення та галузь застосування виробу

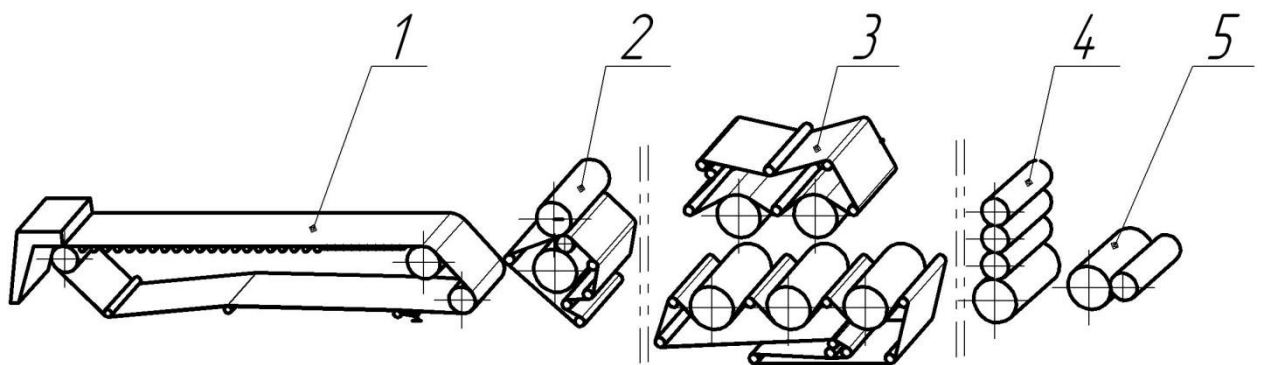
## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення картону включає такі основні операції: акумулювання маси, розбавлення її водою до необхідної концентрації та очищення від сторонніх включень; подачу маси на сіткову частину КРМ; формування картонного полотна на сітці машини; пресування та видалення надлишку води; сушіння; вигладжування на каландрі та намотування в рулон.

Схема плоскосіткової КРМ зображена на рисунку 1.1. Картоноробна машина складається з сіткової частини 1, пресової частини 2, сушильної частини 3, каландра 4 та наката 5.

Картонна маса, через напірний ящик, поступає на сіткову частину картоноробної машини, де зневоднюється під дією сили тяжіння з формуванням картонного полотна, що пов'язано з видаленням з картонної маси основної кількості води.

Після сіткової частини полотно поступає в пресову частину. Волога, яка утримується поверхнею, видаляється з картонного полотна механічним шляхом, за рахунок віджимання.



1 – сіткова частина; 2 – пресова частина;  
3 – сушильна частина; 4 – каландр; 5 – накат.

Рисунок 1.1-Схема плоскосіткової КРМ

Подальше зневоднення картонного полотна відбувається в сушильній частині машини, де за рахунок контакту з нагрітою поверхнею полотно висушується.

Висушене картонне полотно з сушильної частини, за допомогою канатикової та повітряної заправок, передається на каландр машинний. Картон, заправляється між верхніми валами каландра, послідовно проходить між всіма валами при поступово зростаючому лінійному тиску.

Вигладжене полотно на каландрі передається на накат, де воно безперервно намотується на тамбурні вали в рулони, які після досягнення заданого діаметра відрізаються та забирається підйомним механізмом.

## **1.2 Вибір типу каландру та його місце в технологічній схемі**

Каландр машинний застосовується на картонно-паперових комбінатах для вигладжування картону і призначений для досягнення необхідних показників гладкості, щільності, об'ємної маси й рівномірної товщини по ширині картонного полотна.

Конструкція каландру має два вала. Картон, заправляється між валами каландра, проходить між ними при лінійному тиску. Заправка виконується комбінованою автоматичною системою, яка складається з канатикової та повітряної заправок.

Каландр має механізм піднімання, який служить для забезпечення необхідного лінійного тиску між валами.

Нижній вал виконаний з регульованим прогином, що дозволяє збільшити лінійний тиск між ними. Також він є приводним валом який реалізується за допомогою ременного приводу.

## **2 Технічна характеристика машинного каландра**

Технічні характеристики наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика каландра машинного.

Найменування показника	Розмірність	Величина
Обрізна ширина картону	м	4,2

Гладкість	с	35
Максимальний лінійний тиск	кН/м	300
Швидкість машини	м/хв	500
Кількість валів	шт	2
Діаметри валів з регульованим прогином приводного	м	0,65 0,65
Приводних валів	шт	1
Валів з регульованим прогином	шт	1
Ширина робочої частини валів	м	4,2
Довжина між опорами	м	5,5
Потужність	кВт	400
Габаритні розміри довжина ширина висота	м	3,96 9,61 5,126
Маса	кг	82560

### 3 Опис і обґрунтування вибраної конструкції

#### 3.1 Конструкція та принцип дії виробу

Каландр (рисунок 3.1) складається з двох валів, а саме: плаваючого та гріючого валів.

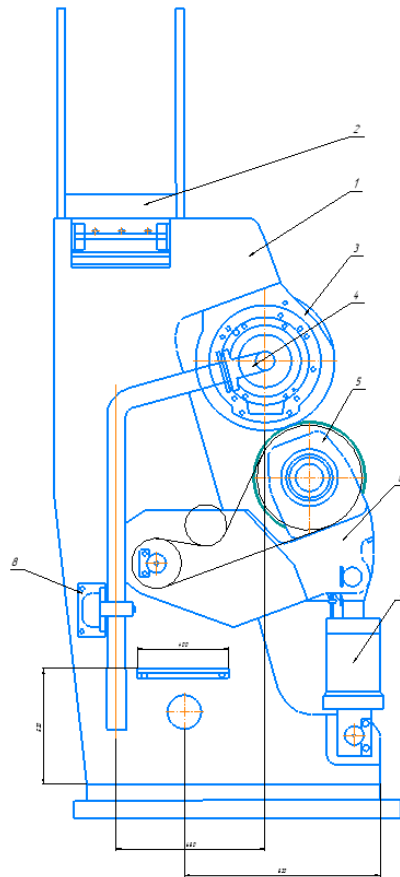


Рисунок 3.1 – Конструкція каландра машинного

1-Станина; 2-платформа; 3-вал гріючий; 4-трубопровід; 5-вал з гідропідтримкою оболонки; 6-важіль; 7-гідроциліндр; 8-кріплення трубопровода.

Станина з лицьової та привідної сторони машини в нижній та верхній частинах з'єднана між собою поперечними зв'язками. Станина має замкнутий коробчастий переріз, що забезпечує високу жорсткість.

Картон, заправляється між валами каландра, проходить між валами при поступово зростаючому лінійному тиску. Заправка виконується комбінованою автоматичною системою, яка складається з канатикової та повітряної заправок.

Для заправки, між сушильною частиною та каландром, з лицьового боку встановлений напрямний стальний лист. Спеціальним ножем, встановленим у сушильній частині, обрізається смужка картону. За допомогою повітряних сопел смужка заправляється між двома валиками канатикової заправки, яка заправляє її між двома верхніми валами. Канатиковою заправкою смужка проводиться між

всіма валами каландра. Потім смужка, яка заправляється за допомогою ножа, який переміщується поперек машини, доводиться до повної ширини полотна.

Каландр має механізм піднімання вала, який служить для забезпечення необхідного лінійного тиску між валами.

Нижній вал виконаний з регульованим прогином, що дозволяє збільшити лінійний тиск між ними. Цей вал (рисунок 3.2) складається з сорочки 1 та сердечника 2, у кільцевому просторі між якими розміщені поздовжні 3 та торцеві 4 ущільнення, поділяючи кільцевий простір на дві камери. Сорочка вала обертається, біля своїх торців спирається на нерухомий сердечник за допомогою роликів радіально-сферичних підшипників 7. Між сорочкою та сердечником знаходяться робоча камера 5, до якої подається робоче середовище (мастило) та дренажна камера 6, з якої мастило відводиться.

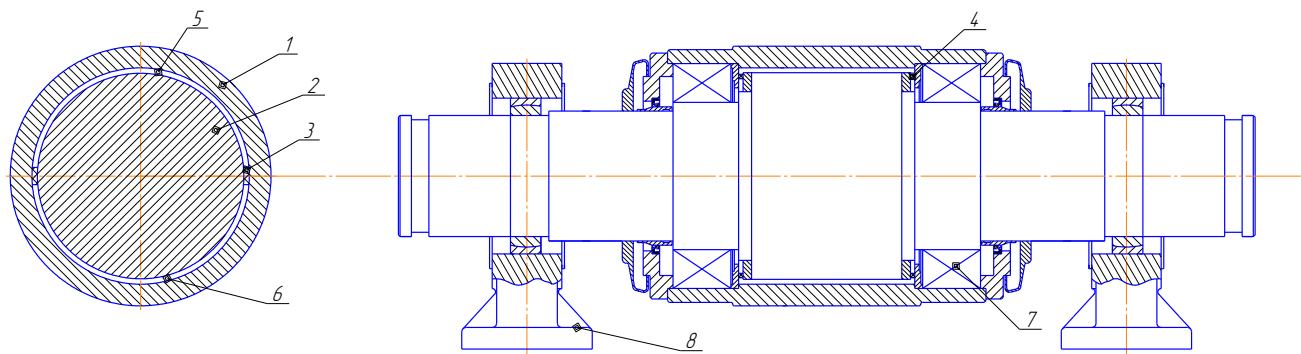


Рисунок 3.2 – Вал з регульованим прогином

1- сорочка, 2 – сердечник, 3 – поздовжнє ущільнення, 4 – торцеве ущільнення  
5 – робоча камера, 6 – дренажна камера, 7- радіально сферичний підшипник

Нерухомий сердечник, монтується в опорах 9 на сферичних втулках 8, що забезпечує можливість кутового переміщення сердечника при його вигині. Торцеве ущільнення монтується в пазах опорної втулки та утримуються стальними закладними кільцями. Поздовжні ущільнення розташовані в пазах сердечника та притискаються до внутрішньої поверхні сорочки стрічковою пружиною. Остання також кріпиться в поздовжній паз сердечника. В ущільнюючі планці передбачені отвори для циркуляції мастила в процесі роботи вала. Мастило надходить під тиском в робочу камеру вала через канали сердечника.

Також передбачені канали для відведення з дренажної камери мастила, яке пройшло через ущільнення.

Для забезпечення рівномірного лінійного тиску, робочий тиск в камері не повинен перевищувати 0,2 – 0,4 МПа.

Мастило надходить безперервно, завдяки чому тиск мастила підтримується на необхідному рівні та компенсується його втрата через допоміжну циркуляцію, яка використовується з метою регулювання та стабілізації температури сорочки.

Постійний перепад тиску мастила між робочою та дренажною камерами створюється системою автоматичного регулювання.

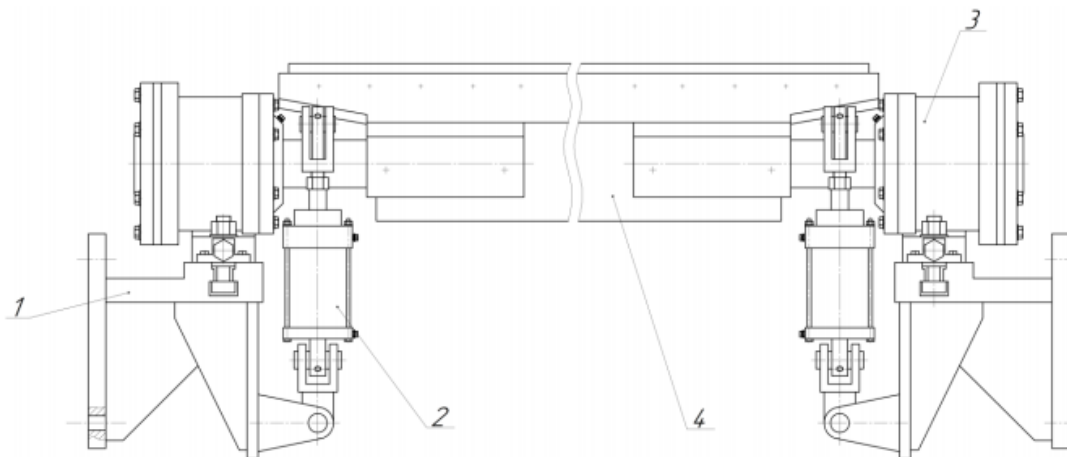
У зв'язку з тим що нижній вал має регульований прогин (сердечник нерухомий), приводним є другий знизу вал. Він, за допомогою карданного вала з'єднаний з редуктором та електродвигуном. Використання карданного вала дало можливість підіймати та опускати вал.

Ефективність дії каландра на картон в значній мірі залежить від його вологості. Холодильні циліндри в сушильні частині підвищують вологість картону перед надходженням його до каландру на 1-2,5 %, що покращує якість каландрування.

При каландруванні частина механічної енергії переходить в теплову та виділяється значна кількість тепла. У зв'язку з цим вологість картону на каландрі зменшується, а з нею знижується ступінь дії каландра на картон. Для відведення тепла передбачене повітряне охолодження нижнього та проміжних валів. Обдувається та частина вала, яка не охоплюється картоном.

На валу встановлений шабер. Шабер прикріплений до підшипникових опор, що дозволяє шаберу переміщуватись разом з валом. Шабер має зворотньо-поступальний рух уздовж осі вала, який забезпечується пневматичним механізмами. Є можливість одночасного включення та відключення всіх шаберів, крім нижнього, а також незалежного включення та відключення кожного шабера окремо.





1 – кронштейн; 2 – пневмоциліндр; 3 – пневмокамера; 4 – шаберна колодка

Рисунок 3.4 – Нижній шабер

При зупинці каландра вал, необхідно опустити, інакше неминуче виникнення залишкової деформації на площадках контакту валів.

#### Вибір матеріалів

Вали каландра повинні мати високу границю втоми, оскільки вони піддаються багаторазово повторюваному змінному навантаженню. Тому металічні вали повинні бути виготовлені з матеріалу, який має підвищену зносостійкість при твердості поверхні не менше 300НВ. Враховуючи не агресивність робочого середовища валів та відносно не велику вологість картону, вибираємо матеріал Сталь 35Х ГОСТ 4543-71, що задовольняє проведеним розрахункам.

Ножі шаберів приводного та проміжних валів виготовлені з прокатної фосфористої бронзи, а верхнього та нижнього – сталі марки Сталь 25 ГОСТ 1051-73, що забезпечую необхідну твердість (170 НВ).

Для осей механізму піднімання та опускання валів обираємо Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, яка за результатами розрахунків, задовольняє умові міцності.

Тяги механізму піднімання та опускання валів виготовляємо зі Сталь 20 ГОСТ 1051-73, яка за результатами розрахунків, задовольняє умові міцності.

Важелі валів виготовляємо з ливарної сталі 35Л ГОСТ 977-75, яка за результатами розрахунків, задовольняє умові міцності.

### 3.2 Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами

Проведемо порівняння розроблюваної конструкції з аналогами, основні характеристики яких наведені в таблиці 3.1.

Порівняння проводимо з базовою конструкцією, фірми "ПетрозаводскМаш" [15] (рисунок 3.3).

Таблиця 3.1 - Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами

Показники	Модернізована	Базова
1	2	3
Кількість валів, шт	2	6
Лінійний тиск, кН/м	300	120
Обрізна ширина паперу, м	4,2	4,2
Гладкість, с	35	64
Наявність валів з регульованим прогином	Є	Є
Вали з покриттям, шт	2	Немає
Вали з регульованим прогином, шт	2	1
Можливість використання для іншого лінійного тиску	при будь-якому тиску, який не перевищує	при будь-якому тиску, який не перевищує максимального
Приводний вал	другий	перший
Наявність валів з бомбуванням	Немає	Є
Потужність приводу, кВт	400	355
Маса не більше, кг	82560	88700

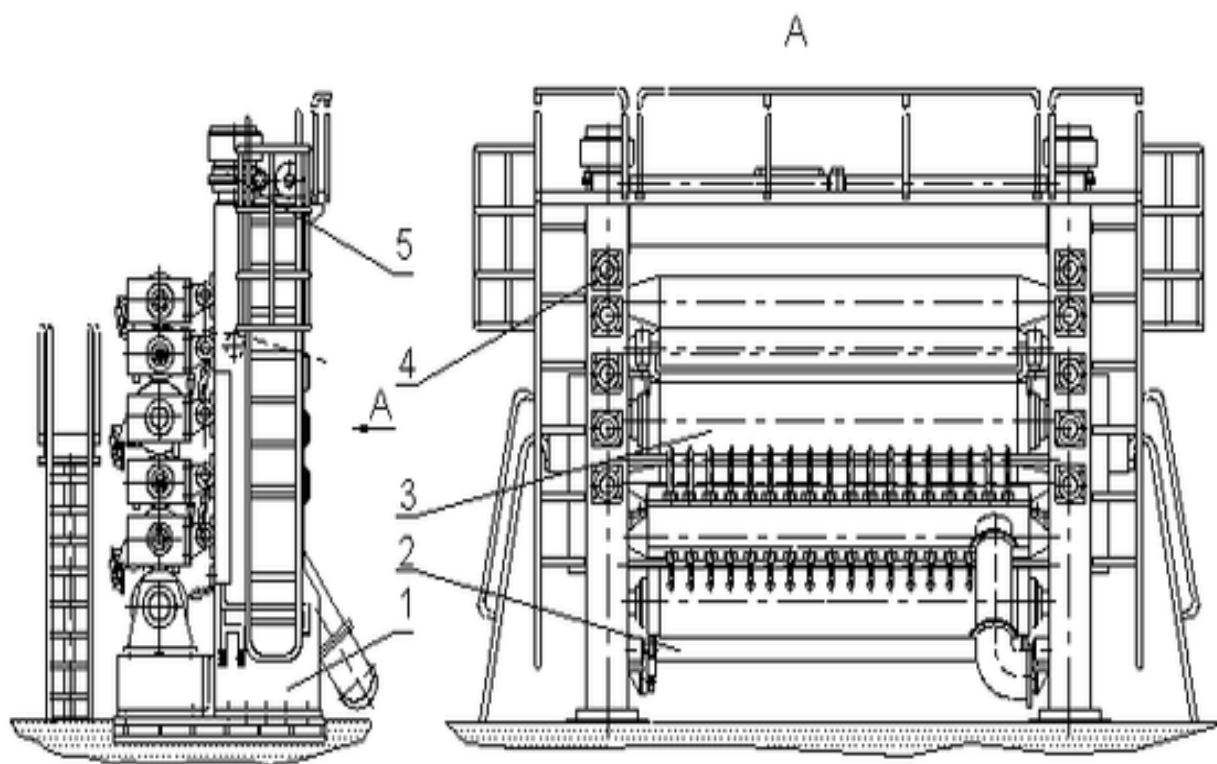
Основними недоліками базової конструкції 2, фірми "ПетрозаводскМаш" (рисунок 3.3) є:

- велика кількість валів необхідних в бомбуванні, для отримання постійного профілю валів, що викликає труднощі в визначенні розміру бомбування;
- наявність валів з бомбуванням, що не уможливлює зміну профілю вала в процесі роботи, а тому не дозволяє змінювати лінійний тиск в захваті валів та обмежує асортимент випускаємої продукції;
- незадовільна гладкість полотна після каландрування, що примушує проводити додаткове каландрування на суперкаландрі, в результаті чого значно зростають енергозатрати;
- вал з регульованим прогином використовується в якості приводного вала, що потребує використання спеціальної трьохкільцевого підшипника і муфти.
- створення крутного моменту в механізмі піднімання і притискання валів за допомогою електродвигуна з циліндричним редуктором, що призводить до не плавної роботи, великих габаритів, великого звукового тиску при роботі та меншого (в порівнянні з черв'ячним мотор-редуктором) крутного моменту.

Порівняно з базовими, модернізована конструкція каландра має такі переваги:

- більший лінійний тиск в захваті між валами
- більша плавність роботи механізму підіймання і притискання валів
- забезпечує рівномірний тиск між валами каландру, за рахунок застосування валів з регульованим прогином;
- має найбільший лінійний тиск в нижньому захваті, що дозволяє розширити асортимент випускаємої продукції, за рахунок отримання картону більшої щільності;
- заміна звичайних суцільних валів на плаваючі, дозволила відмовитись від бомбування проміжних валів, що спростило виготовлення конструкції;
- полотно після каландрування має найкращу гладкість;
- рівномірних показників якості (товщини, гладкості й ін.) по всій ширині паперового полотна, за рахунок збільшення лінійного тиску та застосування валів з гумовим покриттям;

- в валах плаваючих застосовується додаткова циркуляція мастила з метою регулювання і стабілізації температури сорочки вала, що покращує умови каландрування;
- досягаються необхідні показники якості без застосування суперкаландра, в результаті чого зменшились сумарні витрати енергії на каландрування.



1 – станина; 2 – шабер; 3 – вал з корпусами підшипників; 4 – механізм вилегчування валів; 5 – механізм притискання та підйому валів

Рисунок 3.3 – Базова конструкція, фірми "ПетрозаводскМаш"

### 3.3 Патентне дослідження

Предмет пошуку - каландр машинний. Мета пошуку інформації - визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Російська Федерація, СРСР, США, Великобританія.

Термін дії патенту на винахід в Україні - 20 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1991 – 2011 рр

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 і МПК7 - D21F1/32, D21F5/02,5/03, F21G3/00;
- уніфікована десяткова класифікація: УДК 676.024.16, 676.024.17.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетні Держпатенту України, Роспатенту й Госпатенту СРСР;
- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу папероробні, картоноробні та спеціальні машини.

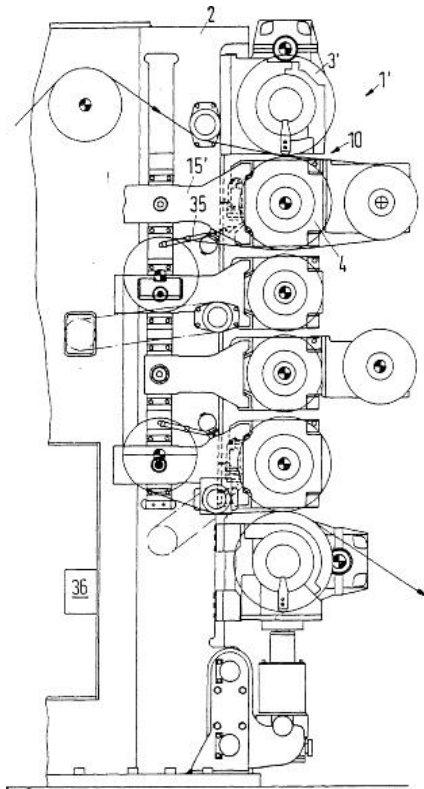
Предметом пошуку є: 1) каландр машинний КРМ; 2) конструкція і матеріал плаваючих і проміжних валів; 3) механізм підіймання і притискання валів.

Суттєвими ознаками апарата є: проміжні та плаваючі вали, станина.

Усі відмінності по патентах та джерелам пошуку наведені у Додатку В.

У патенті [1] представлено каландр машинний (рисунок 3.4), який складається з валів з регульованим прогином. Нерухомий сердечник вала, виготовлений зі сталі 45Х, монтується в опорах на сферичних втулках, що забезпечує можливість кутового переміщення сердечника при його вигині. Торцеве ущільнення монтується в пазах опорної втулки та працює у контакті зі стальними закладними кільцями. Поздовжні ущільнення розташовані в пазах сердечника та притискаються до внутрішньої поверхні оболонки пружинною стрічкою. В ущільнюючій планці передбачені отвори для циркуляції мастила в процесі роботи вала. Мастило в робочу камеру вала через канали, які має сердечник, надходить під тиском. Також передбачені канали для відводу мастила, яке пройшло через ущільнення, з дренажної камери.

Переваги: Досягнуто покращення гладкості паперового полотна, а також рівномірної товщини по ширині полотна; вирівняно лінію контакту між валами.



1 - каландр, 2 - станина, 3 - плаваючий вал, 4 - проміжний вал,  
15 - одноплечевий важіль, 35 - стопорний механізм, 36 - керуючий пристрій

Рисунок 3.4 - Каландр машинний

У патенті [2] представлено машинний каландр КРМ (рисунок 3.5), який складається з валу з регульованим прогином, встановленим знизу, а також гумованих проміжних валів.

Переваги: Досягається кращий контакт поверхні валів з паперовим полотном та краще його виглажування завдяки гумованому покриттю

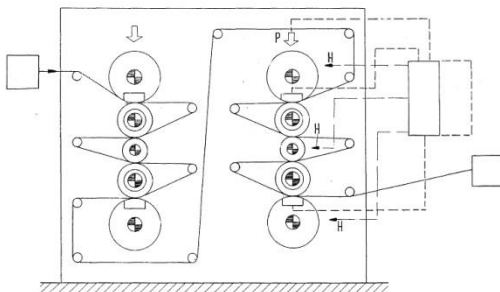
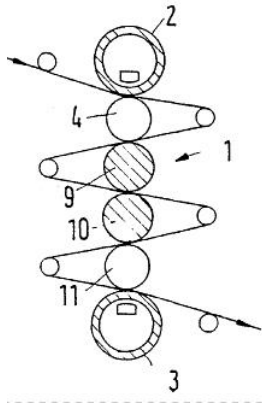


Рисунок 3.5 - Схема машинного каландра

У патенті [3] представлено машинний каландр ПРМ (рисунок 3.6), який складається з валу з регульованим прогином і встановлений знизу, а також

гумованих проміжних валів. Завдяки гумованому покриттю досягається кращий контакт поверхні валів з паперовим полотном і воно краще виглажується.

Переваги: відсутність валів з бомбуванням; рівномірنا товщина по ширині полотна; вирівняно лінію контакту між валами.



1 - ряд з шести валів, 2 - верхній вал, 3 - нижній вал, 4, 11 - жорсткі вали, 9, 10 - еластичні вали

Рисунок 3.6 - Каландр машинний

У патенті [4] представлено машинний каландр КРМ (рисунок 3.7), який складається з валу з регульованим прогином і встановленим знизу, а також гумованих проміжних валів.

Переваги: завдяки гумованому покриттю досягається кращий контакт поверхні валів з паперовим полотном і воно краще виглажується.

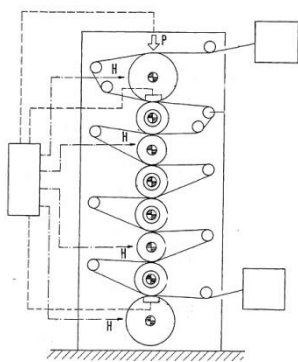
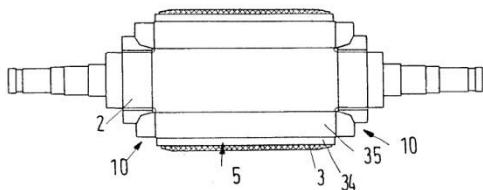


Рисунок 3.7 - Схема машинного каландра

У патенті [5] представлено вал плаваючий, який складається з нерухомого сердечника, виготовленого зі сталі 45Х, монтується в опорах на сферичних втулках, що забезпечує можливість кутового переміщення сердечника при його вигині. Торцеве ущільнення монтується в пазах опорної втулки. Та працюють у

контакті зі сталевими закладними кільцями. Поздовжні ущільнення розташовані в пазах сердечника та притискаються до внутрішньої поверхні оболонки пружинною стрічкою. В ущільнюючій планці передбачені отвори для циркуляції мастила в процесі роботи вала. Мастило в робочу камеру вала через канали, які має сердечник, надходить під тиском. Також передбачені канали для відводу мастила, яке пройшло через ущільнення, з дренажної камери.

Переваги: простота конструкції



2 - сердечник вала, 3 - гумований шаг, 5 - сорочка вала, 10 - закладні кільця, 34 - труба, 35 - чохол

Рисунок 3.8 - Вал каландра

У патенті [6] представлено вал плаваючий, який складається з нерухомого сердечника, монтується в опорах на сферичних втулках, що забезпечує можливість кутового переміщення сердечника при його вигині. Торцеве ущільнення монтується в пазах опорної втулки. Та працюють у контакті зі сталевими закладними кільцями. Ущільнення притискається до кілець за допомогою пружин. Поздовжні ущільнення розташовані в пазах сердечника та притискаються до внутрішньої поверхні оболонки пружинною стрічкою. В ущільнюючій планці передбачені отвори для циркуляції мастила в процесі роботи вала. Мастило в робочу камеру вала через канали, які має сердечник, надходить під тиском. Також передбачені канали для відводу мастила, яке пройшло через ущільнення, з дренажної камери.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) модернізований каландр патентоспроможний через те, що:

- використано черв'ячний мотор-редуктор для механізму вилегчування валів
- модернізована конструкція має оригінальне розташування валів;
- використано вал з гумованим покриттям;



2) провідними державами у галузі папероробного виробництва є: США, Великобританія й Російська Федерація. При цьому запатентовані винаходи й корисні моделі стосуються як каландру КРМ в цілому, так і його окремих вузлів;

3) аналіз патентів дає змогу зробити висновок, що в галузі каландрування полотна за допомогою каландра машинного основні розробки спрямовані на патентування нових конструкцій плаваючих валів, станини, а також проміжних валів.

### **3.4 Охорона праці**

Охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності є однією з найважливіших задач держави. Основоположним законодавчим документом в цій галузі є Закон України "Про охорону праці".

Охорона праці повинна виявляти і вивчає можливі причини виробничих нещасні випадки, професійні захворювання, аварії, тощо. За результатами вивчення розробляється система заходів і потреб з ціллю усунення цих причин та створення безпечних для людини умов праці.

Повсякденна робота з охорони праці на підприємстві проводиться службою охорони праці. Ця служба створюється на підприємствах, у виробничих і науково-виробничих об'єднаннях, кооперативних, колективних та інших організаціях виробничої сфери з числом працюючих 50 та більше чоловік.

При відсутності служби, її функції за сумісництвом виконують особи які пройшли перевірку знань з охорони праці.

Забезпечення безпеки праці повинно бути закладене на перших стадіях проектування виробничих споруд, технологічного процесу виробництва, створення нового та модернізації старого обладнання. При дослідженні каландра машинного було виявлено що шкідливими та небезпечними факторами є:

- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека;
- небезпека впливу деталей, що рухаються та обертаються;

- виробничий шум;
- виробнича вібрація;
- виробниче освітлення;
- повітря робочої зони.

Проведемо аналіз вище перерахованих шкідливих та небезпечних факторів.

### **3.4.1 Небезпека ураження електричним струмом**

За класифікацією приміщень по ступеню небезпеки ураження електричним струмом, приміщення де встановлена картоноробна машина відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою (ПУЕ). За характером навколишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря в приміщенні близько 75%).

Для роботи КРМ та каландра використовується змінний струм напругою 220/380 В та  $f = 50$  Гц, що вимагає використовувати трьохфазну мережу з ізольованою нейтраллю. Ця мережа дозволяє використовувати дві робочі напруги - лінійну й фазову. Завдяки використанню мережа з ізольованою нейтраллю в ізольованому режимі зменшується небезпека ураження струмом при торканні до фазового дроту.

Засоби забезпечення електробезпеки діляться на дві категорії [14]:

#### **а) захист в робочому режимі:**

- забезпечення недосяжності струмоведучих частин (ізоляція, розташування на недосяжній висоті (більш 2,5 м), огорожа);
- подвійна ізоляція;
- позначення на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення);
- огорожі, перила, інструмент з ізоляцією.

#### **б) захист в аварійному режимі:**

- захисне заземлення,  $R_z = 3,5$  Ом, що відповідає ГОСТ 12.1.038-82.

### **3.4.2 Пожежна безпека**

1) Основним технологічним матеріалом при роботі є картон з низькою температурою займання (приблизно 250°C).

2) У відповідності до ОНТП 24 – 86 приміщення для каландра машинного відноситься до категорії В - пожежонебезпечні, так як містять горючі речовини, клас зони П – Па (ПУЕ). Згідно з СНІП 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних відсіків не обмежується. Ширина евакуиходів – 0,9 м, згідно СНІП 2.09.02-85.

У приміщенні встановлені пожежні гідранти, теплові оповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до критичного значення.

Засобом захисту від статичної електрики є заземлення,  $R_3=100$  Ом

Первинним засобом гасіння пожежі є [14]:

- ОУБ - 3А у кількості 10 шт.;
- ящики з піском - 6 шт.;
- пожежні гідранти - 12 шт.

### **3.4.3 Небезпека впливу частин обладнання які рухаються й обертаються**

Каландр має велику кількість валів що обертаються, тому найбільшою небезпекою для обслуговуючого персоналу при роботі на обладнанні становить захват людини валом що обертається, потрапляння в захват між валам при обриві та заправці картонного полотна, а також небезпечна карданна передача приводу.

Для запобігання травматизму частини що обертаються обладнуються захисними кожухами й захисними огорожами. Для запобігання ручної заправки встановлюються канатикові та повітряні заправки. Захвати валів, зі сторони заправки, мають спеціальні огорожі.

### **3.4.4 Виробничий шум**

Каландр машинний так само як і КРМ працює в безперервному режимі із-за чого шум, який утворюється під час роботи є постійним.

Основними джерелами шуму при роботі каландра є вали що обертаються, компресори, вентилятори, електродвигуни та інше устаткування. У даному випадку за своєю природою шум механічний і гідро-аеродинамічний.

Для зниження шуму [14] від картоноробної машини пульт керування оператора захищений екраном, який встановлений між машиною й робочим місцем. Екран виконаний зі скла силікатного товщиною 5 мм. Рівень шуму задовільне нормам ДСН 3.3.6.037-99.

Рівень шуму зменшують шляхом шумопоглинання [14]. Для цього використовується облицювання з перфорованим покриттям та гіпсові плити. Для досягнення максимального ефекту від використання шумопоглинаючого, ним вкривають ним не менше ніж 60% внутрішньої площі.

Якщо рівень шуму на робочому місці перевищує допустимі значення, то необхідно застосувати індивідуальні засоби захисту (шумоізоляційні навушники) [14].

Для зменшення шуму від елементів каландра що обертаються необхідно:

- слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.
- виконати балансування валів;
- монтажні роботи виконувати з великою точною.

### **3.4.5 Виробнича вібрація**

Джерела вібрації виникають в наслідок дії нерівноважених сил:

- двигунів;
- валів;
- технологічного обладнання;
- інструменту й пристроїв.

Дія вібрації на організм людини викликає порушення нормальної роботи, призводить до різних захворювань (враженню центральної нервової системи, спазм кровоносних судин, окостеніння м'язів, відкладання солей у суглобах).

Захист дії від вібрації проводиться на всіх етапах підготовки та упровадженні машин, механізмів, виробничих процесів при проектуванні, виготовленні та експлуатації. Існують колективні та індивідуальні методи захисту від дії вібрації [14] (амортизатори, пружини, еластичні підкладки які кладуться під обладнання, буфери, кожухи та ін.).

Згідно норм ДСН 3.3.6.039-99 вібрації вимірюється в децибелах, а її відносної частоти - герцах. Так при частота 6 герц викликає “морську хворобу”; 7 герц діє на внутрішні органи; 17 – 27 – страждає людина; 80 – відчувається вібрація в стопах та біль.

### **3.4.6 Виробниче освітлення**

Для цеху висотою до 8 м, у якому знаходиться каландр машинний, передбачене природне й штучне освітлення. Лампи денного освітлення типу ЛД газорозрядні, які встановлені, підходять лише для приміщень висотою до 6 м.

У відповідності по норм освітленості для даного обладнання та четвертого розряду зорових робіт нормоване значення освітлення  $E_n = 200$  лк, коефіцієнт запасу  $k = 1,8$  по СНІПШ-4-79.

Для освітлення приміщення використовуємо дугові ртутно-люмінесцентні лампи [14]:

- тип лампи: ДРЛ 700 ;
- потужність: 700 Вт ;
- кількість: 10 шт. ;
- довжина: 368 мм ;
- діаметр: 152 мм .

Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного.

Для приміщення також передбачене бокове освітлення (крізь світові отвори в зовнішніх стінах). Даний вид роботи (загальне постійне спостереження) має коефіцієнт природної освітленості  $KEOH = 1,2$  %. У цеху є чотири вікна розміром 2,5х4 м. Згідно СНІП II-4-79 КЕО фактичне = 1,5%.

### **3.4.7 Повітря робочої зони**

За ГОСТ 12.1.005-88 умови роботи на каландрі машинному відносяться до категорії середньої тяжкості Па (енерговитрати 150...200 ккал/год).

Склад повітря робочої зони залежить від параметрів метеорологічних умов: температури, швидкості руху повітря, відносної вологості, а також кількості шкідливих речовин, які виділяються машиною.

Необхідна швидкість повітря забезпечується системою проточно-витяжної вентиляції.

Параметри метеорологічних умов повинні відповідати ГОСТ 12.1.005-88 у відповідності до якого:

Таблиця 4.1 - Метеорологічні параметри по ГОСТ 12.1.005-88

Параметри	Фактичні	
	теплий	холодний
Температура $t$ , $^{\circ}\text{C}$	20-23	18-22
Відносна вологість $W$ , %	40-70	До 75
Швидкість руху повітря $V$ , $\text{м/с}$	0,3	0,2

Наведені в таблиці 9 [14] значення метеорологічних параметрів забезпечують проточно-витяжною вентиляцією в теплий період року та центральним опаленням – у холодний період року і відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

### 3.4.8 Заходи по охороні праці

Для підвищення електробезпеки передбачені наступні заходи:

- а) коробки електродвигунів виконані пило-водонепроникними;
- б) електрообладнання, яке розташоване в окремих шафах винесене в приміщення які не відносяться до пожежонебезпечних;
- в) прокладка дротів та кабелів безпосередньо по станинам обладнання проведена в сталевих трубах;
- г) клемні коробки виконані в пило-водонепроникному виконанні.

Передаточні механізми (шестерні, з'єднувальні муфти, колеса, вал карданний та т. ін.) або скомпоновані всередині станин, або мають огороження, які виконані у відповідності з [14], а також ОСТ 25-08-658-72 і ОСТ 25-08659- 72 (огороження приводних устроїв).

Для зниження виробничого шуму до значень регламентованих ДСН 3.3.6.037-99 передбачені наступні заходи:

- а) патрубки компресорів та вентиляторів високого тиску знаходяться в герметизованому залізобетонному каналі;
- б) найбільш інтенсивні джерела шуму: компресорів та вентиляторів високого тиску встановлені в ізольованому приміщенні на нульовій відмітці під машинним залом;
- в) стіни й перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням із коефіцієнтом звукопоглинання 0,7 та мають звукоізолюючу здатність 50 дБ ;
- г) звукоізолююча здатність дверного прорізу приміщення 30 дБ;
- д) при необхідності проведення ремонту, під час праці обладнання, ремонтному персоналу рекомендується користуватися шумоізоляційними навушниками або бірушами.

Огороджувальні устрої потрібно фарбувати згідно з СН 17170. Частини що обертаються мають огорожу. Каландр має драбини і містки, огорожу 1,2 м, нахил драбин має кут 60°, ширина сходів 300 мм., містки забезпечені відбійниками висотою 40 мм.

Крім перерахованих заходів безпеки, обслуговуючий персонал перед роботою проходить інструктаж по техніці безпеки й правилам технічної експлуатації. А також ведеться контроль за виконанням цих правил.

#### **4 Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції**

##### **4.1 Параметричний розрахунок установки**

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1.

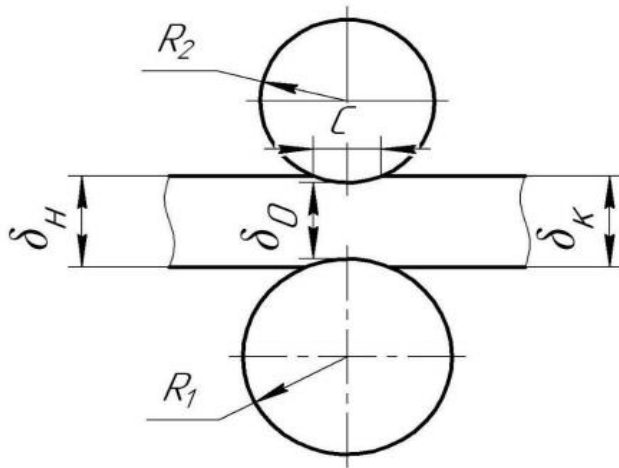


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема ширини площадки деформації

Мета розрахунку: визначення тиску в захваті та ширини площадки деформації в захваті Вихідні дані:

- робоча швидкість машинного каландра  $v$ , м/с (м/хв) 8.33(470);
- ширина картонного полотна  $B$ , м 4,25;
- маса 1 м<sup>2</sup> абсолютно сухого картону  $g$ , кг/м<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup>) 0,175 (175). Розрахунок здійснюємо за методикою наведеною в [2]. Продуктивність машинного каландра:

$$G = B \cdot V \cdot g = 4.25 \cdot 8.33 \cdot 0.175 = 6.19 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Тиск в захваті валів каландра машинного ми знаходимо з графічної залежності гладкості картону від тиску при різному захваті валів (рисунок 4.2).

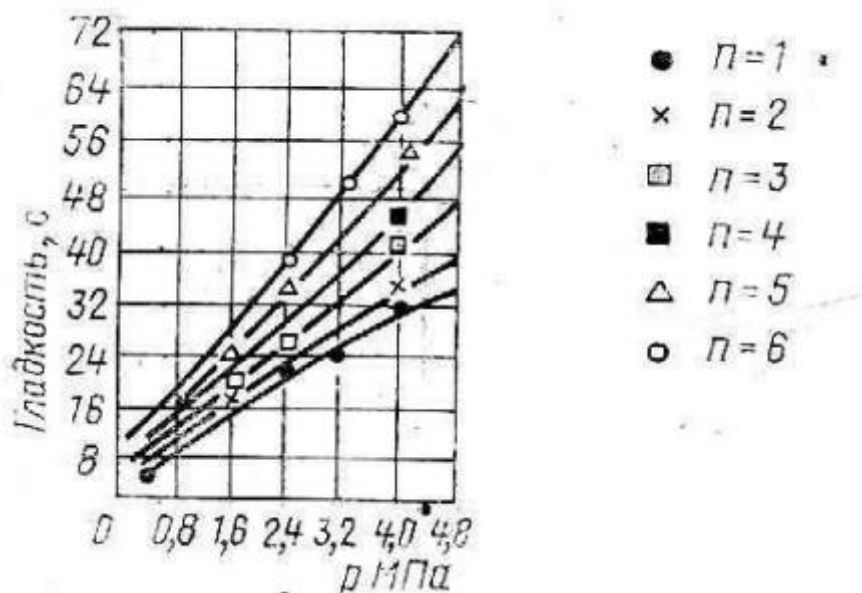


Рисунок 4.2 – Графічна залежність картону від тиску при різному захваті валів



де  $n = 2$  – кількість захватів;

$C = 35$  с – гладкість картонного полотна.

Тоді із даної графічної залежності картону від тиску при різному захваті валів  $P = 4,8$  МПа. Ширина площадки деформації в захваті:

$$C = C_1 + C_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} \cdot (\sqrt{\delta_n - \delta_0} + \sqrt{\delta_k - \delta_0}) =$$
$$\sqrt{\frac{2 \cdot 0,325 \cdot 0,3}{0,325 + 0,3}} \cdot (\sqrt{5,5 \cdot 10^{-4} + 4,5 \cdot 10^{-4}} + \sqrt{5 \cdot 10^{-4} - 4,5 \cdot 10^{-4}}) = 0,042 \text{ м.}$$

де  $R_1, R_2$  – радіуси валів;

$\delta_n$  – товщина картону до каландрування;

$\delta_k$  – товщина картону під час каландрування;

$\delta_0$  – товщина картону після каландрування;

Розрахунковий тиск в захваті валів:

$$P_p = \frac{q_l}{C} = \frac{250 \cdot 10^3}{0,042} = 5952380,95 \text{ Па} = 5,9 \text{ МПа.}$$

Де  $q_l = 250$  кН/м – значення лінійного тиску, яким ми задаємося при заданих параметрах валів

Умова для подальшого проведення розрахунків:

$$P_p = P \pm 0,01$$

Маємо:

$$5,9 \text{ МПа} > 4,8 \text{ МПа.}$$

Умова для подальшого проведення розрахунків не виконується. Для того, щоб виконувалася умова для подальшого проведення розрахунків, потрібно зменшити значення лінійного тиску. Тоді тиск розрахунковий в захваті валів:

$$P_p = \frac{q_l}{C} = \frac{225 \cdot 10^3}{0,042} = 5357142,85 \text{ Па} = 5,3 \text{ МПа.}$$

де  $q_l = 225 \text{ кН/м}$  – значення лінійного тиску, яким ми задаємося.

Умова для подальшого проведення розрахунків:

$$P_p = P \pm 0,01$$

Маємо:

$$5,3 \text{ МПа} > 4,8 \text{ МПа.}$$

Умова для подальшого проведення розрахунків не виконується. Для того, щоб виконувалася умова для подальшого проведення розрахунків, потрібно зменшити значення лінійного тиску.

Тоді тиск розрахунковий в захваті валів:

$$P_p = \frac{q_l}{C} = \frac{200 \cdot 10^3}{0,042} = 4761904,76 \text{ Па} \approx 4,8 \text{ МПа.}$$

де  $q_l = 200 \text{ кН/м}$  – значення лінійного тиску, яким ми задаємося.

Умова для подальшого проведення розрахунків:

$$P_p = P \pm 0,01$$

Маємо:

$$4,8 \text{ МПа} = 4,8 \text{ МПа.}$$

Умова для подальшого проведення розрахунків виконується. Висновок: визначено тиск в захваті валів, який становить  $P = 4,8 \text{ МПа}$  та ширину площадки деформації в захваті, яка дорівнює  $0,042 \text{ м}$ .

## 4.2 Розрахунок вала з гідропідтримкою оболонки

### 4.2.1 Розрахунок оболонки

Метою даного розрахунку є перевірка умови міцності сорочки вала в робочих умовах.

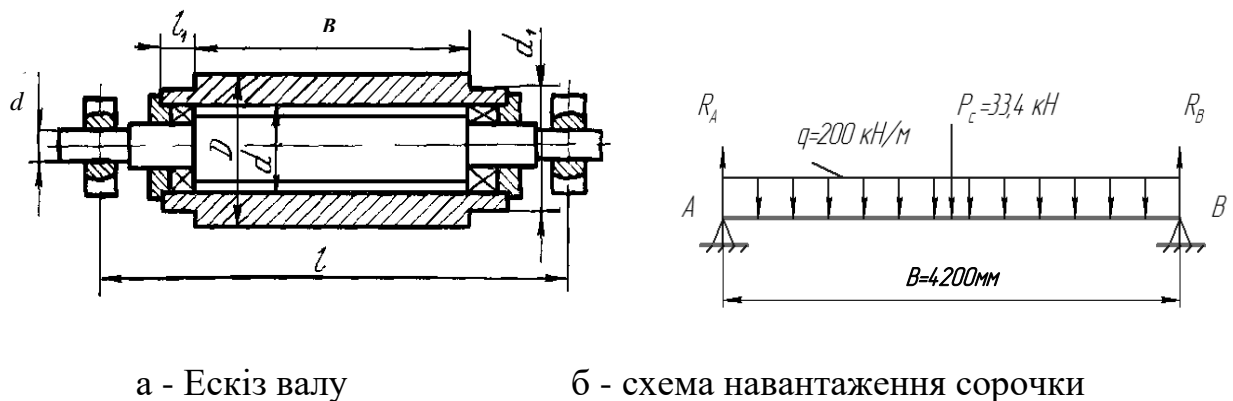
Вихідні дані:

максимальний лінійний тиск  $q_l$ , кН/м

200

діаметр вала (зовнішній діаметр сорочки) $D$ , м	0,65
внутрішній діаметр сорочки $d$ , м	0,56
довжина робочої поверхні сорочки $B$ , м	4,2
межа плинності $\sigma_m$ , МПа [11]	490
густина матеріалу сорочки вала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> [11]	7790

Ескіз та схема навантаження сорочки представлені на рисунки 5.1.



а - Ескіз валу

б - схема навантаження сорочки

Рисунок 5.1 –Ескіз та схема навантаження сорочки

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [13].

Небезпечним для сорочки є випадок відсутності тиску в камері вала. Тоді вона може розглядатися як балка на двох опорах, навантажена по довжині прольоту рівномірним навантаженням. Величина цього навантаження дорівнює  $q_l = 200$  кН/м .

Розрахунок ваги сорочки

Об'єм робочої частини сорочки:

$$V_1 = B \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) = 4,5 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 0,65^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,56^2}{4} \right) = 0,385 \text{ м}^3$$

Об'єм шийок сорочки:

$$V_2 = 2l_1 \left( \frac{\pi d_1^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) = 2 \cdot 0,15 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 0,63^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,56^2}{4} \right) = 0,02 \text{ м}^3$$

де  $l_1$  – довжина шийки (згідно рисунка 5.1а), м;

$d_1$  – зовнішній діаметр шийки, м.

Загальний об'єм сорочки:

$$V_c = V_1 + V_2 = 0,385 + 0,02 = 0,405 \text{ м}^3$$

Визначаємо вагу сорочки:

$$P_c = g V_c \rho = 9,81 \cdot 0,405 \cdot 7790 = 30950 \text{ Н}$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ .

Момент опору перетину сорочки:

$$W = 0,1 \frac{D^4 - d^4}{D} = 0,1 \cdot \frac{0,65^4 - 0,56^4}{0,65} = 12,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Згинаючий момент сорочки в небезпечному перерізі:

$$M = P_{\text{заг}} \left( \frac{l_2}{4} - \frac{B}{8} \right) = 868428 \cdot \left( \frac{5,5}{4} - \frac{4,2}{8} \right) = 738163,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $l_2$  – відстані між опорами сердечника,  $l_2 = 4,78 \text{ м}$  ;

$B$  - довжина робочої поверхні сорочки, м.

$$P_{\text{заг}} = q_l B + P_c = 200000 \cdot 4,2 + 28428 = 868428 \text{ Н},$$

Напруження вигину:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{738,164 \cdot 10^3}{12,3 \cdot 10^{-3}} = 60 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження при вигині [5] :

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n_t} = \frac{490}{5} = 98 \text{ МПа} ,$$

де  $n_t$  - коефіцієнт запасу прочності,  $n_t = 5$  [13].

Перевіряємо умову міцності при вигині:

$$[\sigma] \geq \sigma_p ,$$

$$98 \text{ МПа} > 60 \text{ МПа}$$

Висновок: умова міцності виконується.

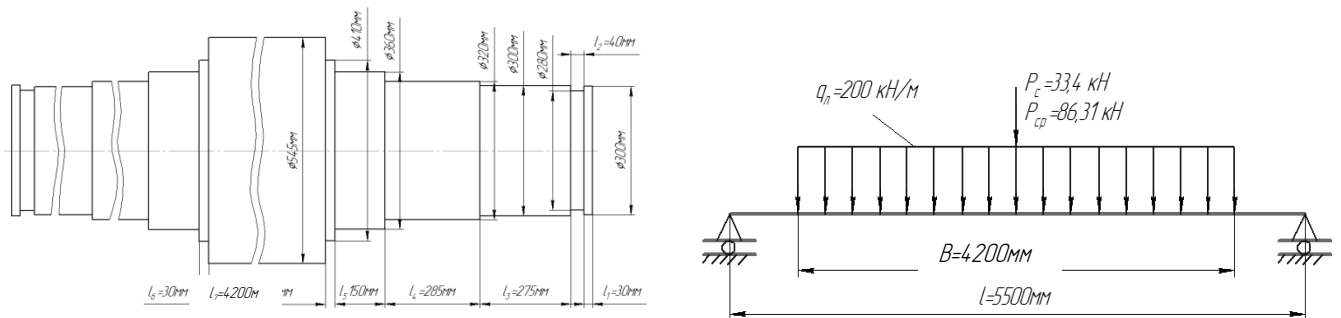
#### 4.2.2 Розрахунок осердя

Метою даного розрахунку є перевірка умови міцності сердечника вала в робочих умовах.

Вихідні дані:

відстань між опорами сердечника $l$ , м	5,5
довжина робочої поверхні сорочки $B$ , м	4,2
максимальний лінійний тиск $q_l$ , кН/м	200
діаметр сердечника $d_c$ , м	0,545
діаметр цапф сердечника $d_{ц}$ , м	0,3
межа плинності $\sigma_m$ , МПа [11]	343
модуль пружності $E$ , МПа [11]	$2,2 \cdot 10^5$
густина матеріалу сердечника вала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> [11]	7820

Ескіз та схема навантаження сердечника зображена на рисунку 5.2.



а - Ескіз валу

б - схема навантаження сердечника

Рисунок 5.2 – Ескіз та схема навантаження сердечника

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7].

При роботі вала на його сердечник передається навантаження від тиску мастила в камері. Навантаження на підшипники, на яких сидить сорочка на сердечнику, практично дорівнює нулю, тому їх не враховуємо.

Розрахунок ваги сердечника

В відповідності до рисунок 5.2а об'єм сердечника:

$$\begin{aligned}
 V_{cp} &= 2(L_1 \frac{\pi D_1^2}{4} + L_2 \frac{\pi D_2^2}{4} + L_3 \frac{\pi D_3^2}{4} + L_4 \frac{\pi D_4^2}{4} + L_5 \frac{\pi D_5^2}{4} + L_6 \frac{\pi D_6^2}{4}) + L_7 \frac{\pi D_7^2}{4} = \\
 &= 2 \cdot (0,03 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} + 0,04 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,28^2}{4} + 0,275 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} + 0,285 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} + 0,15 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,36^2}{4} + \\
 &\quad + 0,03 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,41^2}{4}) + 4,2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,545^2}{4} = 1,112 \text{ м}^3,
 \end{aligned}$$

де  $L_i$  – довжини ступеней сердечника (рисунок 5.2а), м;

$D_i$  – діаметри ступеней сердечника (рисунок 5.2а), м.

Вага сердечника:

$$P_{cp} = gV_{cp}\rho = 9,81 \cdot 1,112 \cdot 7820 = 85306 \text{ Н}$$

Максимальний згинальний момент посередині сердечника:

$$M = P_{заг} \left( \frac{l}{4} - \frac{B}{8} \right) = 953734 \cdot \left( \frac{5,5}{4} - \frac{4,2}{8} \right) = 810674 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $l$  – відстань між опорами сердечника;

$$P_{заг} = q_l B + P_c + P_{cp} = 200000 \cdot 4,2 + 28428 + 85306 = 953734 \text{ Н},$$

Момент опору сердечника:

$$W = 0,1d_c^3 = 0,1 \cdot 0,545^3 = 16,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

Напруження вигину:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{810,674 \cdot 10^3}{16,2 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ МПа},$$

Для сталі 45Х межа плинності  $\sigma_m = 343 \text{ МПа}$ .

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n_t} = \frac{343}{5} = 68,6 \text{ МПа},$$

де  $n_t$  - коефіцієнт запасу прочності,  $n_t = 5$  [7].

Перевіряємо умову міцності при вигині:

$$[\sigma_{-1}] \geq \sigma_p,$$

$$68,6 \text{ МПа} > 50 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Максимальний прогин сердечника:

$$f_c = \frac{q_l B^3}{384EI} (12l - 7B) = \frac{200000 \cdot 4,2^3}{384 \cdot 2,2 \cdot 10^{11} \cdot 44,1 \cdot 10^{-4}} \cdot (12 \cdot 5,5 - 7 \cdot 4,2) = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де  $E$  – модуль пружності, МПа;

$I$  – момент інерції сердечника:

$$I = 0,05d_c^4 = 0,05 \cdot 0,545^4 = 44,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де  $d_c$  – діаметр сердечника, м .

Перевіряємо умову жорсткості:

$$\frac{1}{3000} \geq \frac{f_c}{l},$$
$$0,00033 > 0,000265$$

Умова жорсткості виконуються.

Висновок: за результатами розрахунку сердечника встановлено, що умови міцності та жорсткості виконуються.

#### 4.2.3 Розрахунок тиску мастила в робочій камері вала

Метою даного розрахунку є визначення тиску в робочій камері вала плаваючого, для підтримки сорочки.

Вихідні данні:

довжина робочої поверхні сорочки $B$ , м	4,2
внутрішній діаметр сорочки $d$ , м	0,56
максимальний лінійний тиск $q_l$ , кН/м	200

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

У відповідності до рисунка 4.1а розраховуємо площу робочої камери:

$$F_p = \frac{1}{2} (2 \cdot \pi \cdot R_r \cdot B) = \frac{1}{2} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 0,28 \cdot 4,2) = 3,69 \text{ м}^2,$$

де  $R_r$  – внутрішній діаметр сорочки, м (рисунок 5.1а):

$$R_r = \frac{d}{2} = \frac{0,56}{2} = 0,28 \text{ м}.$$

Тиск мастила в робочій камері:

$$P_m = \frac{q_l + \frac{G_c}{B}}{d} = \frac{200000 + \frac{28428}{4,2}}{0,56} = 369229 \text{ Па} = 0,369 \text{ МПа}$$

Висновок: в результаті проведення розрахунку було визначено тиск мастила в робочій камері вала, який склав 0,369 МПа.

#### 4.2.4 Розрахунок важеля валу

Метою даного розрахунку є перевірка важеля на міцність при згинанні.

Вихідні данні:

вага верхнього валу

$$G_{66} = 113734 \text{ Н}$$

допустиме напруження при вигині [11]

$$[\sigma_{-1}] = 115 \text{ МПа}$$

Розрахункова схема важеля зображена на рисунку 5.10.

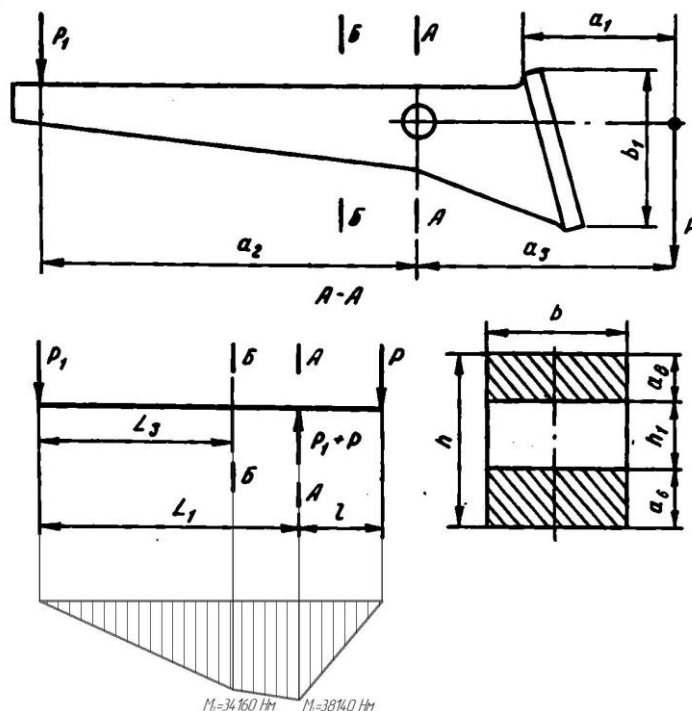


Рисунок 5.10 – Розрахункова схема важеля

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [3].

Розраховуємо найбільш навантажений важіль, а так як усі важелі однакові то виконувати розрахунок інших валів немає необхідності. Верхній вал є найважчим, тому розрахуємо його важіль.

Зусиль навантаження на один важіль:

$$P_1 = \frac{G_{66}}{2i} = \frac{113734}{2 \cdot 1,28} = 44427 \text{ Н},$$

де  $i$  - передаточне відношення важеля.

Зусилля що діє на вісь:



$$P_{oc} = P_1 + \frac{G_{ee}}{2} = 44427 + \frac{113734}{2} = 101294 \text{ Н}.$$

Розрахунок на міцність.

Згинаючий момент в перерізі А-А (рисунок 5.10):

$$M_1 = P_1 L_1 = 44427 \cdot 0,815 = 36208 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $L_1 = 815$  мм (рисунок 5.10) .

Згинаючий момент в перерізі Б-Б (рисунок 5.12):

$$M_3 = P_1 L_3 = 44427 \cdot 0,73 = 32432 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $L_3 = 730$  мм (рисунок 5.10).

Момент опору перерізу А-А (рисунок 5.10) розраховуємо, виходячи з розмірів:  $h_1 = 130$  мм ,  $b = 180$  мм ,  $h = 220$  мм ,  $a_6 = 80$  мм ,  $a_8 = 40$  мм . При розрахунку моменту опору вважаємо, що переріз А-А симетричний відносно горизонтальної осі, причому обидві частини перерізу мають однакові розміри по вертикальній осі – 60 мм.

Момент опору для перерізу А-А:[4]

$$W = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{6h} = \frac{0,18 \cdot (0,22^3 - 0,13^3)}{6 \cdot 0,22} = 13,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Напруження при згинанні в перерізі А-А:

$$\sigma_{1A} = \frac{M_1}{W} = \frac{36208}{13,16 \cdot 10^{-4}} = 27,51 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності при вигині

$$\sigma_{1A} \leq [\sigma_{-1}],$$

$$27,51 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} .$$

Умова міцності виконується.

Момент опору для перерізу Б-Б :

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,18 \cdot 0,22^2}{6} = 14,52 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Напруження при згинанні в перерізі Б-Б:

$$\sigma_{1B} = \frac{M_3}{W} = \frac{32432}{14,52 \cdot 10^{-4}} = 22,34 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності при вигині

$$\sigma_{1B} \leq [\sigma_{-1}],$$

$$22,34 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: умова міцності для двох перерізів важеля виконується.

#### 4.2.5 Розрахунок осі 1 по першому варіанту навантаження

Метою даного розрахунку є перевірка осі 1 на міцність.

Вихідні данні:

діаметр осі  $d_1$ , м 0,065

довжина осі  $L_1$ , м 0,234

допустиме напруження при вигині  $[\sigma_{-1}]$ , МПа [11] 310

Схема навантаження осі зображена на рисунку 5.6.

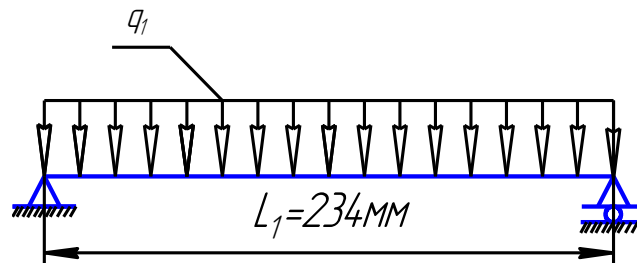


Рисунок 5.6 – Схема навантаження осі

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7,9]

На вісь діє зусилля, рівне (рисунок 5.6) половині зусиллю піднімання,  $P_1 = 139326 \text{ Н}$ . Діаметр осі  $d_1 = 0,065 \text{ м}$ , довжина осі  $L_1 = 0,234 \text{ м}$ .

Рівнорозподілене навантаження  $q_1$  від сили  $P_1$ :

$$q_1 = \frac{P_1}{L_1} = \frac{139326}{0,234} = 595409 \text{ Н / м}$$

Момент опору вала:

$$W = 0,1d_1^3 = 0,1 \cdot 0,065^3 = 27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Згинаючий момент посередині осі:

$$M = \frac{q_1 L_1^2}{8} = \frac{595409 \cdot 0,234^2}{8} = 407500 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруження при згинанні:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} = \frac{407500}{27 \cdot 10^{-6}} = 151 \text{ МПа}.$$

Перевіряємо умову міцності при вигині

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{-1}],$$

$$151 \text{ МПа} < 310 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується, тобто вісь витримує діюче на неї навантаження.

#### 4.2.6 Розрахунок осі 1 по другому варіанту навантаження

Метою даного розрахунку є перевірка осі 1 на міцність при вигині та зрізанні.

Вихідні данні:

довжина осі  $L_1, \text{м}$  0,234

допустиме напруження при вигині  $[\sigma_{-1}]$ , МПа [11] 310

допустиме напруження при зрізанні  $[\tau]$ , МПа [11] 80

Схема навантаження осі зображена на рисунку 5.7.

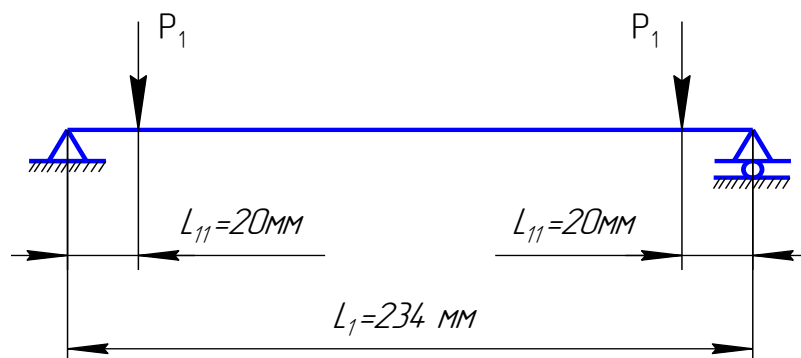


Рисунок 5.7 – Схема навантаження осі

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7,9].

Схема навантаження показана на рисуюнок 5.7, де довжина  $L_{11} = 0,02$  м

Згинаючий момент посередині осі:

$$M = P_1 L_{11} = 139236 \cdot 0,02 = 2785 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Напруження при згинанні:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} = \frac{2785}{27 \cdot 10^{-6}} = 103,1 \text{ МПа}.$$

Перевіряємо умову міцності при вигині

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{-1}],$$
$$103,1 \text{ МПа} < 310 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Дійсне навантаження на вісь відповідає середньому значенню між першим та другим варіантами навантаження.

Напруження зрізання  $\tau$ :

$$\tau = \frac{P_1}{F} = \frac{139236}{33,2 \cdot 10^{-4}} = 41,9 \text{ МПа}$$

де  $F$  – площа поперечного перетину осі:

$$F = \pi R^2 = 3,14 \cdot (3,25 \cdot 10^{-2})^2 = 33,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Перевіряємо умову міцності при зрізанні:

$$\tau \leq [\tau],$$
$$41,9 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: умови міцності при вигині та зрізанні виконуються, тобто вісь витримує діюче на неї навантаження.

#### 4.2.7 Розрахунок осі 2

Метою даного розрахунку є перевірка осі 2 на міцність при вигині.

Вихідні данні:

діаметр осі  $d_1$ , м 0,13

допустиме напруження при вигині  $[\sigma_{-1}]$ , МПа [11] 310

Схема навантаження осі зображена на рисунку 5.8.

Рисунок 5.8 – Схема навантаження осі

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7].

Розраховуємо реакцію в опорі (рисунок 5.8):

$$R = 2P_{np} = 2 \cdot 563726 = 1127452 \text{ Н.}$$

Максимальний згинаючий момент:

$$M = \frac{RL_2}{4} = \frac{1127452 \cdot 0,22}{4} = 62009 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $L_2 = 0,22$  м.

Момент опору осі:

$$W = 0,1d_1^3 = 0,1 \cdot 0,13^3 = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Напруження при згинанні:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W} = \frac{62009}{2,2 \cdot 10^{-4}} = 281,9 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності при вигині[11]:

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{-1}],$$
$$281,9 \text{ МПа} < 310 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується, тобто вісь витримує діюче на неї навантаження.

#### 4.3 Розрахунок потужності приводу

Метою даного розрахунку є визначення зусиль і потужності двигуна каландра.

##### 4.3.1 Розрахунок тягових зусиль

##### Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валів

Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають в підшипниках валів.

Вихідні данні:

допоміжне зусилля притискання  $P_{np}$ , Н 563726

діаметр верхнього вала  $D_{6\phi}$ , м 0,65

діаметр першого вала  $D_{1\phi}$ , м 0,65

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Тягове зусилля в підшипниках верхнього вала:

$$T_{1.6} = Q_{1.6} f \frac{d_{ц.6\phi}}{D_{6\phi}} = 563726 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,36}{0,65} = 15610 \text{ Н}$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя для підшипників,  $f=0,05$ ;

$Q_{1.6}$  – навантаження на підшипники верхнього вала, для верхнього плаваючого вала  $Q_{1.6} = P_{np}$ , Н.

Тягове зусилля в п'ятому, четвертому та третьому валах:

$$T_{1.5} = T_{1.4} = T_{1.3} = 0 \text{ Н}$$

Тягове зусилля в приводному валі:

$$T_{1.2} = Q_{1.2} f \frac{d_{ц.2\phi}}{D_{2\phi}} = 845260 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,3}{0,6} = 4226 \text{ Н}$$

де  $Q_{1.2}$  – навантаження на підшипники другого вала;

$$Q_{1.2} = q_{л1} B + G_{2\phi} = 182450 \cdot 4,20 + 78970 = 845260 \text{ Н}$$

Тягове зусилля в нижньому валі:

$$T_{1.1} = Q_{1.1} f \frac{d_{y.1\epsilon}}{D_{1\epsilon}} = 868428 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,3}{0,65} = 4008H$$

де  $Q_{1.1}$  – навантаження на підшипники першого вала;

$$Q_{1.1} = q_n B + P_c = 200000 \cdot 4,2 + 28428 = 868428H$$

Сумарне тягове зусилля на здолення тертя в підшипниках валів:

$$T_1 = \sum_{i=1}^6 T_{1.i} = 4226 + 4008 + 0 + 0 + 0 + 2602 = 10836H$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля в підшипниках валів, яке склало 10836 Н.

### Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу

Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають в результаті тертя кочення вала по валу.

Вихідні данні:

допоміжне зусилля притискання $P_{np}$ , Н	563726
вага верхнього вала $G_{6\epsilon}$ , Н	113734
вага проміжного вала $G_n$ , Н	54180
діаметр верхнього вала $D_{6\epsilon}$ , м	0,65
діаметр другого вала $D_{2\epsilon}$ , м	0,6

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Тягове зусилля на здолення тертя кочення шостого вала по п'ятому:

$$T_{2.5} = 2Q_{2.5} k \left( \frac{1}{D_{6\epsilon}} + \frac{1}{D_{5\epsilon}} \right) = 2 \cdot 677460 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{1}{0,65} + \frac{1}{0,45} \right) = 1019,1H,$$

де  $k$  – коефіцієнт тертя кочення, для каландрових валів  $k = 2 \cdot 10^{-4}$  м ;

$Q_{2.5}$  – навантаження на п'ятий вал:

$$Q_{2.5} = P_{np} + G_{6\epsilon} = 563726 + 113734 = 677460H$$

Тягове зусилля на здолення тертя кочення п'ятого вала по четвертому:

де  $k$  – коефіцієнт тертя кочення, для каландрових валів  $k = 2 \cdot 10^{-4}$  м ;

де  $Q_{2.2}$  – навантаження на другий вал;

$$Q_{2.2} = P_{np} + G_{66} + 3 \cdot G_n = 563726 + 113734 + 3 \cdot 54181 = 840003H$$

Тягове зусилля на здолення тертя кочення другого вала по першому:

$$T_{2.1} = 2Q_{2.1}k \left( \frac{1}{D_{26}} + \frac{1}{D_{16}} \right) = 2 \cdot 918973 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,65} \right) = 1178H$$

де  $Q_{2.1}$  – навантаження на перший вал;

$$Q_{2.1} = P_{np} + G_{66} + 3G_n + G_{26} = 563726 + 113734 + 3 \cdot 54181 + 78970 = 918973H$$

Сумарне тягове зусилля на здолення тертя кочення валів один по одному:

$$T_2 = \sum_5^{i=1} T_{2,i} = 1019,1 + 1178 = 2197.1H$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля на здолення тертя кочення валів один по одному, яке склало 2197.1 Н.

**Тягове зусилля на здолення тертя шабера по поверхні вала**



Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають в результаті тертя шабера по поверхні вала.

Вихідні данні:

довжина робочої поверхні сорочки  $B$ , м 4,2

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7].

Тягове зусилля на здолення тертя шабера по поверхні вала:

$$T'_3 = q_{л.ш} B f_{ш} = 0,2 \cdot 10^3 \cdot 4,2 \cdot 0,2 = 168 H$$

Спроектований каландр має шість валів на кожному з яких встановлений шабер, тому загальне тягове зусилля тертя шаберів по поверхні валів:

$$T_3 = 6T'_3 = 6 \cdot 168 = 1008 H$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля на здолення тертя шабера по поверхні вала, яке склало 1008 Н.

### **Тягове зусилля на здолення тертя в поздовжніх ущільненнях плаваючих валів**

Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають в поздовжніх ущільненнях плаваючих валів.

Вихідні данні:

довжина робочої поверхні сорочки  $B$ , м 4,2

внутрішній діаметр вала  $D_{вн}$ , м 0,56

зовнішній діаметр вала  $D_{зов}$ , м 0,65

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Верхній і нижній вали - вали плаваючі. В них, для запобігання витікання мастила, внутрішня камера має поздовжнє ущільнення. Тому необхідно розрахувати тягове зусилля на подолання тертя в ущільненнях.

Тягове зусилля на здолення тертя в одному поздовжньому ущільненню:

$$T'_5 = \Pi \delta f_y P_k \frac{D_{вн}}{D_{зов}} = 8,43 \cdot 0,06 \cdot 0,015 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,56}{0,65} = 2614 H$$

де  $\delta$  – товщина ущільнення,  $\delta = 0,06$  м;

$\Pi$  – периметр ущільнення, у відповідності до рисунок 1 периметр ущільнення буде дорівнювати:

$$\Pi = 2((d - d_c) + B) = 2 \cdot ((0,56 - 0,545) + 4,2) = 8,43 \text{ м}$$

$f_y$  – коефіцієнт тертя в ущільненні,  $f_y = 0,015$ ;

$P_k$  – максимальний тиск в камері плаваючого вала,  $P_k = 0,4$  МПа.

В кожному плаваючому валі по два поздовжніх ущільнення, тому загальне тягове зусилля на подолання терті в поздовжніх ущільненнях:

$$T_5 = 4T'_5 = 4 \cdot 2614 = 10456 \text{ Н}$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля на здолаття тертя в поздовжніх ущільненнях плаваючих валів, яке склало 10456 Н.

#### **Тягове зусилля на здолаття тертя в торцевих ущільненнях плаваючих валів**

Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають в торцевих ущільненнях плаваючих валів.

Вихідні данні:

зовнішній діаметр торцевого ущільнення  $d_{36}$ , м 0,56

внутрішній діаметр ущільнення  $d_{6н}$ , м 0,45

діаметр вала  $D_6$ , м 0,65

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Тягове зусилля на подолання тертя в одному торцевому ущільненні:

$$T'_6 = 0,3(d_{36}^2 - d_{6н}^2) P_k f \frac{d_{36}}{D_6} = 0,3 \cdot (0,56^2 - 0,45^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,56}{0,65} = 115 \text{ Н}$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя торцевого ущільнення,  $f = 0,01$ .

В розробленому конструкції два плаваючі вали, кожен вал має два торцевих ущільнення, тому загальне тягове зусилля на подолання терті в торцевих ущільненнях:

$$T_6 = 4T'_6 = 4 \cdot 115 = 460 \text{ Н}$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля на здолаття тертя в торцевих ущільненнях плаваючих валів, яке склало 460 Н.

## Тягове зусилля на здолаття тертя ковзання валів по паперу

Метою даного розрахунку є визначення тягових зусиль, які виникають від тертя ковзання валів по паперу.

Вихідні данні:

допоміжне зусилля притискання $P_{пр}$ , Н	563726
вага верхнього вала $G_{вв}$ , Н	113734
вага приводного вала $G_{2в}$ , Н	80400

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по паперу:

$$T_4 = \frac{\alpha Q_{сум} f_{Тк}}{100} = \frac{0,1 \cdot 3788659 \cdot 0,3}{100} = 1137 Н$$

де  $f_{Тк}$  – коефіцієнт тертя ковзання валів по паперу,  $f_{Тк} = 0,3$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт,  $\alpha = 0,1\%$ ;

$Q_{сум}$  – сумарне навантаження:

$$Q_{сум} = G_{2в} + 2G_{1н} + 3G_{2н} + 4G_{3н} + 5(P_{пр} + G_{2в})H$$

У зв'язку з тим, що вага всіх проміжних валів однокова, тобто

$$G_{1н} = G_{2н} = G_{3н} = G_n = 54181 Н,$$

формула матиме вигляд :

$$\begin{aligned} Q_{сум} &= G_{2в} + 9G_n + 5(P_{пр} + G_{2в}) = 80400 + 9 \cdot 54181 + 5 \cdot (563726 + 80400) = \\ &= 3788659 Н \end{aligned}$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначене сумарне тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по паперу, яке склало 1137 Н.

## 4.4 Розрахунок потужності

Метою даного розрахунку є визначення потужності приводу.

Вихідні данні:

зусилля на здолаття тертя в підшипниках валів $T_1$ , Н	10836
зусилля на здолаття тертя кочення валів один по одному $T_2$ , Н	6160

зусилля на здолаття тертя шабера по поверхні вала $T_3$ , Н	1008
зусилля на здолаття тертя ковзання валів по паперу $T_4$ , Н	1137
зусилля на подолання тертів в поздовжніх ущільненнях $T_5$ , Н	10456
зусилля на подолання тертів в торцевих ущільненнях $T_6$ , Н	460

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [7]

Потужність приводу каландру:

$$N_{np} = \frac{\sum T_i V K_v K_m}{60 \cdot 1000} = \frac{30057 \cdot 450 \cdot 1,05 \cdot 1,5}{60 \cdot 1000} = 355 \text{ кВт}$$

де  $\sum T_i$  - сума всіх тягових зусиль:

$$\sum T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 = 10836 + 6160 + 1008 + 1137 + 10456 + 460 = 30057 \text{ Н}$$

$K_v$  – коефіцієнт який показує вплив швидкості на коефіцієнт тертя

$$K_v = 1 + a(V - 200) = 1 + 0,0002 \cdot (450 - 200) = 1,05;$$

$$a = 0,0002$$

$K_m$  – коефіцієнт тимчасового перенавантаження,  $K_m = 1,5$

Необхідна потужність двигуна каландра:

$$N_{\partial} = \frac{N_{np}}{\eta} = \frac{355}{0,945} = 376 \text{ кВт}$$

Висновок: в результаті розрахунку було визначена необхідна потужність двигуна каландра, яка склала 376 кВт.

## 5 Рекомендації, щодо експлуатації та монтажу каландра

5.1 Монтажні роботи Робота каландра машинного КРМ без обривів та збоїв залежить від точності складання, монтажу, вивірки взаємного положення вузлів та деталей. При розробці робочої документації на машину, розробляють спеціальну монтажну документацію у відповідності з галузевим стандартом ОСТ-26-08-2017.

Вимоги по монтажу та експлуатації частково викладені у кресленнях загального вигляду і складальних вузлах.

Вимоги до монтажу :

1. Монтаж провести у відповідності з вимогами технічної документації, в якій викладені конструктивні і технологічні особливості каландра що встановлюється:  
- монтажно-складальні, монтажно-установочні креслення; - технічні вимоги заводу-виробника.
2. Встановленню вузлів і частин повинно передувати виконання повного об'єму будівельних робіт.
3. Розпакування обладнання виконують з урахуванням технологічної послідовності складання та монтажу.
4. Для монтажу та обслуговування, цех в якому проводиться монтаж, повинен мати мостовий кран, з двома візками, вантажопідйомністю не менше 15 т. [15].
5. Поставні блоки, які підвішуються до крюків підйомного механізму, повинні бути міцно та надійно закріплені, при цьому: - стропи повинні бути накладені на блок, що піднімається, без вузлів та перекручувань; - стропи повинні забезпечити стійкість поставних блоків під час піднімання та переміщення; - на гострих ребрах, блоку що підіймається, під стропи повинні бути підкладені прокладки, для запобігання від перегинів під гострим кутом і перетирання.
6. Перед монтажем ретельно оглянути блоки з метою виявлення ушкоджень при транспортуванні та перевірити відповідність фундаменту вимогам креслення.
7. При експлуатації каландра необхідно виконувати правила техніки безпеки та вимоги виробничих інструктажів, для працюючих на даному підприємстві ЦПВ.

## **5.2 Ремонтні роботи**

Пусконаладжувальні роботи.

Перед запуск необхідно дотримуватися виконання таких вимог [15]:

1. Перевіряти відсутності сторонніх предметів між валами, на перехідних містках обслуговування та навколо каландра.
2. Перевіряти надійність кріплення валів, колекторів охолодження та огорожі.
3. Перевіряти справність канатикової заправки.

4. Перевіряти справність датчика контролю наявності полотна при його надходженні на каландр.
5. Встановлювати шабери в робоче положення .
6. Перевіряти стан сопел обдування валів та пневматичних заправок, при необхідності прочистити їх.
7. Перевірити механізми піднімання та притискання валів при тиску повітря у пневматичних камерах 0,5 МПа.
8. Включити подачу мастила в камери валів з гідропідтримкою оболонки, перевірити відсутність витоків мастила з валів.

Технічне обслуговування та ремонт.

Надійна та тривала робота при мінімальному зносі деталей можлива при правильному догляді з дотриманням графіку планово-попереджувальних робіт і підтриманні каландра в справному стані. Необхідно виконувати дві-три зупинки каландра на місяць для планово- попереджувального ремонту тривалістю по 6 – 8 годин. Кожен рік необхідно зупиняти каландр на 2 – 3 для проведення більш крупнішого ремонту.

Планово-попереджувальний ремонт, є основним видом ремонтних робіт, виконується під час планових простоїв. Ціль такого ремонту – своєчасним оглядом обладнання та заміною зношених деталей та вузлів, попередити можливість поломки деталей, забезпечення безперебійної роботи обладнання та попередити неприпустимий його знос. При планово-попереджувальному ремонті огляд обладнання проводять в встановлені графіком строки. Деталі та окремі частини замінити в залежності від їх фактичного зносу. Кожні 5 років виконувати зупинку на 15-30 днів для капітального ремонту.

## **6 Рівень стандартизації та уніфікації**

Стандартизація – встановлення та застосування правил з метою упорядкування діяльності в певній галузі на користь та при участі всіх зацікавлених сторін, зокрема, для досягнення загальної оптимальної економії при дотриманні функціональних умов та вимог техніки безпеки. Стандартизація – процес виготовлення продукції у відповідності із стандартами.

Уніфікація – приведення різних видів продукції та засобів її виробництва до раціонального мінімуму марок, форм. Основна мета уніфікації – усунення невинправданого різноманіття виробів однакового призначення і різнотипності їх складових частин та деталей, приведення до можливого одноманіття способів їх виготовлення, зборки.

Представлена в даному проекті модернізована конструкція каландра крейдованого картону була спроектована на основі аналогу. Вона складається з стандартизованих та уніфікованих елементів, вузлів, добре зарекомендованих на виробництві в умовах експлуатації.

У даному проекті використано такі стандартні вироби:

1. Болти за ГОСТ 7796, ГОСТ 7798;
2. Гайки за ГОСТ 5915, ГОСТ 11371;
3. Гвинти ГОСТ 1476, ГОСТ 1491, ГОСТ 17473, ГОСТ 17473, ГОСТ 10336, ГОСТ 17478;
4. Манжети за ГОСТ 8752;
5. Шайби ГОСТ 6402, ГОСТ 11371, ГОСТ 14734;
6. Рим-болт ГОСТ 4751
7. Шплінт ГОСТ 3129
8. Шпилька за ГОСТ 22034;
9. Шпонка за ГОСТ 9798, 23360.

Проводимо розрахунок рівня стандартизації  $K_t$  та уніфікації  $K_u$ , % :

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n} \cdot 100\% = \frac{228}{472} \cdot 100\% = 48,2,$$

де  $n_t = 228$  – кількість стандартних деталей та виробів;

$n = 472$  – загальна кількість деталей;

$$K_u = \frac{n_y}{n} \cdot 100\% = \frac{256}{472} \cdot 100\% = 54,1,$$

де  $n_u = 256$  – кількість уніфікованих деталей та виробів.

За результатами розрахунків ми з'ясували що модернізована конструкція стандартизований 48,2 % та уніфікований 54,1 %, що допомогло спростити

конструкцію останнього та дало можливість спростити технологічні процеси виготовлення окремих деталей, а отже і знизити його вартість.

## **7. Економічна частина проекту**

### **Розроблення стартап проекту**

#### **7.1 Опис ідеї проекту**

Екструзійне обладнання є невід’ємною частиною переробки полімерних матеріалів (пластмас) у виробі що застосовуються повсюди у повсякденному житті людей. Корисна модель належить до техніки каландрування паперової маси, являє собою двухвальний каландр з гріючим валом і валом з гідропідтримкою оболонки. Така конструкція дозволяє збільшити лінійний тиск між валами й в свою чергу збільшити гладкість полотна.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити двохвальний машинний	Встановлюється на виробництві картону	Забезпечення інтенсифікації процесу каландрування



каландр для каландрування паперової маси		Краща якість продукції (більша гладкість паперу)
---	--	---

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (машинний каландр). Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок інтенсифікації самого процесу, покращення основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень через системи комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновації, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодженням нового обладнання, його автоматизацію,

підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженою інновацією в обладнанні.

Машинний каландр складається з станини, вала гріючого, гідроциліндра та вала з гідропідтримкою сорочки.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та

характеристик ідеї а саме: інтенсифікація процесу за рахунок гріючого вала та покриття резиною, менші габаритні розміри, менша вартість даного обладнання та універсальність.

- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або

товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку. Це такі компанії як «Київський папероробний комбінат», «Andritz» і попередньо оцінюється за вартістю, габаритними розмірами, продуктивністю, та кількістю бракованої продукції. На даний момент субститутів як таких не існує.

проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 8.2. [21].

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1 Київський папероробний комбінат	Конкурент 2 «Andritz»			
Вартість машинного каландра	1500000	2000000	1600000	Конкурент 1	Конкурент 2	Мій проект
Габарити м/м	4500/6800	5126/9160	4800/7000	Конкурент 1	Конкурент 2	Мій проект

Основною перевагою над конкурентами є: менші габаритні розміри, та менші енергозатрати на пусковий режим. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність .

Завдяки співпраці на оновленому підприємстві підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі.

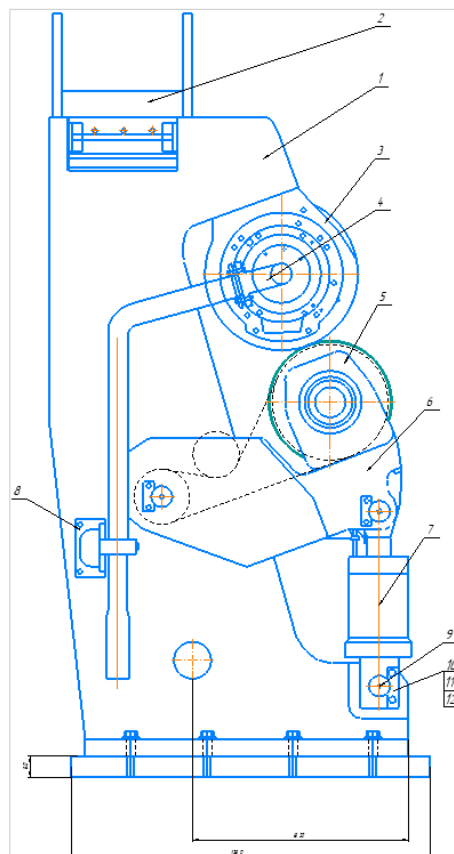
## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Застосування формуючих головок дуже вузьке. В залежності від виду та профілю вихідного отвору вони можуть використовуватися для виготовлення виробів різного профілю, або для переробки різного виду полімерів та гум.

Застосовуються в основному в обладнанні на підприємствах для виготовлення труб, листів, нанесення ізоляції і т.п.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [23].

Конструкцію формуючої головки наведено на рисунку 8.1.



1-Станина; 2-Площадка; 3-Вал гріючий; 4-трубопровід; 5-вал з гідропідтримкою сорочки; 6-ричаг; 7-гідроциліндр; 8-кріплення трубопровода.

Рисунок 8.1 – машинного каландра

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати?

Такі технології існують і їх цілком достатньо. В розробці/добробці їх немає необхідності.

3. Чи доступні такі технології авторам проекту? Так, дані технології цілком доступні.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтенсифікація процесу каландрування	Модернізована конструкція каландра	На даний момент відомо багато конструкцій машинних каландрів ,але їх можна модернізувати .	Література для вивчення процесу представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Зменшення собівартості машинного каландра	Зменшення металоємності	Наявні, відомі конструкції модернізують ся	На ринку представлено достатню кількість виробників екструзійного обладнання

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:  
Модернізована конструкція машинного каландра.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим за рахунок наявних на сьогодні технологій та їх доступності та не складності придбання необхідних комплектуючих та устаткування

### 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.4).

Зростання обсягів виробництва обладнання до 2019 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу обладнання пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів.

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	2
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	1500000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Висока якість паперу

Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
---	------------------

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
--------------------------	--	---	-----------------------------

Потреба в комплектуючих для КРМ.	Компанії, що виготовляють папір та картон.	Ціна, габаритні розміри, якість (гладкість картону), стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- до продукції: якість продукції (гладкість паперового полотна), відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності, можливість заміни комплектуючих, зручність в експлуатації та в обслуговуванні.</li> <li>- до компанії постачальника: швидкість доставки та встановлення, можливість подальшого обслуговування по гарантії, наявність запасних комплектуючих</li> </ul>
----------------------------------	--	--	--

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на фактори внутрішньо маркетингового та зовнішньо маркетингового середовища. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До факторів зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико– правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і фактори демографічного середовища [24]. Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.



Таблиця 8.6 – Фактори загроз		
Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» .	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж (паперу, картону), або ресурсу (паперової маси). Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця (Австрія-країна виробник машинного каландра).
Зсув стратегічного курсу країни з промислового сектору в агропромисловість	Зменшення кількості клієнтів в Україні.	Шукати клієнтів у агросекторі.
Нестабільна конфліктна ситуація в Україні на Сході	Наявність клієнтів та підприємств що працюють у безпосередній близькості до зони конфлікту	Шукати клієнтів за кордоном.
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення ціни на продукцію.
Науково-технічні: Зміна технології виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих послуг та науково-технічного розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.

Соціальнокультурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні: Застаріла конструкція машинного каландра, стара технологія вироблення картону.	Поява нової технології виробництва машинного каландра.	Розробка нового обладнання та конструкцій формуючих інструментів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Модернізація устаткування	Модернізація проекту для підвищення продуктивності та якості картону.	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції: Монополістична	Товар кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми. Диференціація товарів створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми (Київський папероробний комбінат, Львівкартонопласт) навіть при деякому підвищенні цін.	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за гладкістю картону, економічністю).  В Україні 14 провідних підприємств та організацій, що працюють на ринку картоно-паперової продукції, об'єдналися в Асоціацію українських підприємств целюлозно-паперових підприємств в галузі «Укрпапір».
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Максимальна присутність на виставках та форумах.

3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
---	---	---

Продовження таблиці 8.8

1	2	3
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати картон кращий по гладкості.	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб.

<p>5. За характером конкурентних переваг: цінова</p>	<p>За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару</p>	<p>Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)</p>
<p>6. За інтенсивністю: марочна</p>	<p>Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.</p>	<p>Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.</p>

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера [25]. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

ан алі зу Ск ла до ві	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари- замінники
	Основні компанії, що виготовляють екструзійне обладнання: ООО «Київський папероробний комбінат», ООО «Andritz»,	Усі науково дослідницькі підприємства з гарною технічно, матеріальною та інвестиційною базами; іноземні підприємства	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика за кордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Так від постачальника буде залежити час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати	Мінімальне обмеження через товаризамінники.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку не висока а підприємства що наявні не спрямовані на модернізацію свого

обладнання, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.6, 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.



Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ціна	Машинний каландр мого проекту буде мати меншу ціну ніж в конкурентів через меншу металоємність та виготовлення простіших деталей.
2.	Інноваційність технології	Інноваційність технологій в моєму проекті забезпечує виготовлення картону більшої гладкості ніж в конкурентів за рахунок гріючого валу та механізму притискання(гідроциліндра)
3.	Енерго- та ресурсозбереження	Мій проект передбачає зниження витрат на енергетичний та матеріальні ресурси ніж в конкурентів
4.	Асортимент	Так як ми розроблюємо та будуємо машинний каландр ми забезпечуєм клієнтів гарантією та постачанням деталями аналогів яких на ринку немає.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 11).

Таблиця 1. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ n/n	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моїм проектом				
			-3	-2	-1	0	+1
1	Гладкість картону	15		ЖЦПК	ККПК		Andritz
2	Собівартість проекту	15	ЖЦПК	ККПК	Andritz		
3	Швидкість машини	13		ЖЦПК	ККПК		Andritz

Позначення:

ККПК- Київський картонно-паперовий комбінат

ЖЦПК-Жидачівський целюлозо-паперовий комбінат

Висновок: Сильна сторона мого проекту полягає в малій собівартості машинного каландра, високою швидкістю машини й досить високою гладкістю картону в порівнянні з конкурентами. Також завдяки наявності простих деталей в машині можна забезпечити досить недорогий й швидкий ремонт машинного каландра.

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Високий інтелектуальний потенціал компанії	Невідоме «ім'я» підприємства

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інноваційність технології</li> <li>- Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом</li> <li>- Можливість виходу на закордонний ринок</li> <li>- Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності...</li> <li>- Можливо збільшити кількість наданих послуг</li> <li>- Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності</li> <li>- Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок</li> <li>- Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг</li> </ul>	<p>Висока вартість впровадження проекту.</p> <p>Відсутність постачальників</p>
--	--

Можливості	Загрози
- Виготовлення більш якісної продукції чим є на ринку.	Недостатній рівень фінансування галузі

	Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи Поява інноваційного обладнання Витіснення конкурентами компанії з ринку Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем Витіснення вітчизняного товару закордонним Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.
--	--

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [27].

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Виготовлення модернізованого обладнання, яке	Низька	2 роки

	можна застосовувати в різних галузях промисловості		
2.	Модернізація вже застарілих формуючих пристроїв.	Достатня	1,5 роки
3.	Обслуговування машинного каландра	Достатня	9 місяців

Після аналізу обираємо альтернативу модернізації вже застарілих формуючих пристроїв.

Після аналізу обираємо стратегію диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [28].

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи	Готовність споживачі в сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
-------	-----------------------------	--	--	--------------------------------------	--------------------------

	потенційних клієнтів		(сегменту)		
	Приватні компанії картонного та паперового виробництва	Висока	Високий	Середня	Висока
	Державний сектор виробництва картону	Середня	Середній	Висока	Середня

Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній виробництва картону та паперу, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії переробного виробництва і використовуємо стратегію дифереційного маркетингу. Одна зі стратегій охоплення ринку, за якої компанія прагне охопити найбільшу частину одного або кількох субринків. При концентрованому маркетингу увага зосереджується на одному сегменті. Він особливо привабливий для організацій з обмеженими можливостями [29].

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відпо- відно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференці- ації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект [30].

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування			
Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспромож ні позиції  власного стартаппроєкту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)



1.Аргументована ціна. 2.Супроводження товару. 3. Необхідна якість виконання обладнання.	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Програми лояльності за тривалі контракти 3. Супровід товару Технічна підтримка	1. Надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми надання різноманітних послуг.
---	-------------------------	---	--

## 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока потреба в модернізації існуючого обладнання	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Підвищення продуктивності процесу екструзії
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція
3.	Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару:

уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [31].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
І. Товар за задумом	Покращення якості готового продукту – формуючого пристрою; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
	Вирішення проблем пов’язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
ІІ. Товар у реальному виконанні	Екструзійне обладнання, особливістю яких є використання модернізованого формуючого пристрою. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна	+/+	+ /+/-/+ /+

	4. Інноваційність технології 5. Безпека: відповідність нормативам; 7. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу.		
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: Техпласт		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : <ul style="list-style-type: none"> <li>• програми лояльності при підписанні довготривалого контракту;</li> <li>• різні способи доставки;</li> <li>• різні способи оплати;</li> </ul> демонстрації та моделювання роботи		

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товарианалоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	500000-3 млн.грн.	500000-3 млн.грн – ціни дуже високі	Підприємства великі та середні	5000-10000 грн/год консультація, в онлайн безкоштовно.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21) [23]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх

посередників (власна або залучена система збуту);

вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту; ☐ вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
-------	--	---	-------------------------	-----------------------------

1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усім необхідними компонентами.	Власні сили
2.	Консультавання при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [25].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рек-ламного звернення
-------	---------------------------------------	--	--	----------------------------------	---------------------------------

1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет, конференції, соціальні мережі, електронна пошта	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет, соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас »
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового

середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [27].

### Висновки

В процесі розробки стартап проекту було ~~розроблено~~ зроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту по виготовленню модернізованих

машинних каландрів. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства, що займаються виготовленням паперу та картону;

## Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту по виготовленню модернізованих машинних каландрів. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства, що займаються виготовленням паперу та картону;



## Висновки

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня “Спеціаліст” на тему: “Модернізація каландру машинного для картоноробної машини з розробкою валу з гідропідтримкою, розробкою гріючого вала, встановлення гідроциліндра в якості механізму притискання нижнього валу та покриття поверхні шаром гуми” була запропонована модернізація з метою підвищення продуктивності машини та покращення якості виготовлення продукції.

Об’єм модернізації виявлено на основі порівняння показників роботи різних конструкцій каландрів і запропонований найбільш оптимальний варіант, з урахуванням патетної чистоти розробки даної конструкції..

Зроблено основні конструктивні розрахунки, в результаті яких підтверджено надійність та працездатність конструкції каландра машинного та його

конструктивних елементів, а саме: вала з гідропідтримкою, механізму піднімання вала.

Розробленні вимоги охорони праці при роботі на даному обладнанні.

Виконанні рекомендації по монтажу та ефективної експлуатації каландра.

Розроблений стартап проект.

В процесі проектування виконанні одна публікація в «Інтернаука».

Модернізація може бути використана на Київському картоно-паперовому комбінаті.

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня "специалист" на тему: "Модернизация каландра машинного для картоноделательной машины с разработкой вала с гидроподдержкой, разработкой греющего вала, установление гидроцилиндра в качестве механизма прижима нижнего вала и покрытие поверхности слоем резины. Была предложена модернизация с целью повышения производительности машины и улучшения качества изготовления продукции.

Объем модернизации выявлено на основе сравнения показателей работы различных конструкций каландров и предложен наиболее оптимальный вариант, с учетом патентной чистоты разработки данной конструкции .

Сделано основные конструктивные расчеты, в результате которых подтверждено надежность и работоспособность конструкции каландра

машинного и его конструктивных элементов, а именно: вала с гидроподдержкой, механизма подъема вала.

Разработанные требования охраны труда при работе на данном оборудовании.

Выполненные рекомендации по монтажу и эффективной эксплуатации каландра.

Разработанный стартап проект.

В процессе проектирования выполнена одна публикация в «Интернаука».

Модернизация может быть использована на киевском Кортано-бумажном комбинате.

## Conclusions

A kalandr of paper making for treatment of cardboard liner with pressure which replaced in the device of upper floating shaft, the application of metal shaft and increasing of liner pressure between shafts were developed.

For achievement of the given results, upgrading of products and facilitation of maintenance of kalandr the following results were gained:

- the analysis of basic elements of kalandr is given and the construction of kalandr is developed on the basis of materials and experience of using of kolonding of cardboard at Kyiv paper making plant;

- basic structural calculations which prove the reliability and ability of the construction of kalandr and its structural elements are floating shaft, mechanism of lifting and clamp of shafts, mechanism of shaft and drive of kalandr, system of the automatic cooling of shaft aimed at getting liner of uniform thickness;

- the assably drafts of kalandr machine, floating shaft, a driving shaft are made;

- the validity kalandr construction is tested in accordance with the requirements of safety techniques and environment protection.

The proposed design of kalander can be used producing such kind of machines.

#### Перелік посилань

1. Чичаев А. А. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности / А. А. Чичаев – М. „Лесная промышленность” 1989.- 176 с.

2. Стадник В.А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічних робіт з дисципліни “Деталі машин” для студентів машинобудівних спец. Усіх форм навчання / Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2004. – 108с.

3. Патент №935214 (ЕА), МПК7 D21G001/00. Способ двухсторонней обработки бумажного полотна и каландр для осуществления этого способа / Пекка Коівикинас (FI), Джиха Липпонен (FI). – Заявка №199800598/ 17.06.1998; Оpubл. 24.11.1993, Бюл. № ЕАВ19904

4. Патент №19633671 (ЕА), МПК7 D21G001/00. Каландр / Кайзер Франц, Ван Хааг Рольф, Ротфусс Ульрих (DE), Фойт Зульцер Финишинг ГМБХ (DE). – Заявка №199600006/ 07.03.1996; Оpubл. 25.02.1998, Бюл. №ЕАВ19902

5. Патент №935214 (FI), МПК7 D21G001/00. Каландр двухсторонней обработки бумажного полотна / Пекка Коівикинас (FI), Джиха Липпонен (FI). – Заявка №199600030/ 24.11.1993; Оpubл. 17.06.1998, Бюл. № ЕАВRETRO

6. Патент № 19635845 (ЕА), МПК7 D21G001/00. Валок каландра./ Шмит Кристиан Вимар (DE), Фойт Зульцер Финишинг ГМБХ (DE). – Заявка №199600015/ 04.09.1996; Оpubл. 30.04.1998, Бюл.№ ЕАВRETRO

7. Патент №19631056 (ЕА), МПК7 D21G001/00 Самонагружающийся вал с регулируемым прогибом/ Арнольд Дж.Роуриг, Дейл А.Браун (DE). Белойт

Текнолоджиз, Инк. (DE) – Заявка №541678/.04.02.1998; Опубл. 01.08.1996, Бюл.№ 2077630

8. Примаков С. Ф. Технология бумаги и картона: учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш - М.: Экология, 1996. - 304 с.

9. Киркач Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин: учебное пособие для вузов/ Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян– Х.: Основа, 1991. – 276 с.

10. Задольський А. М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету) /Укладач А.М. Задольський - К.: НТУУ”КПІ”, 2010. – 17с.

11. Анурьев В.И. „Справочник конструктора - машиностроителя.” В 3 т. Т.1 / В.И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1978.– 728 с.: ил.

12. Бейзельман Р.Д. Подшипники качения. Справочник. / Под ред. Р.Д. Бейзельмана, Б.В. Цыпкина. - М.: Машиностроение, 1975. - 572с.

13. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці. Навч. посібн. / За ред. В. Ц. Жидецького – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

14. Andritz group[електронне джерело].Режим доступу до інтернет сторінки:<https://www.andritz.com/group-en>

15.Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

16. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

17.Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

18. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту

- акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.
19. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
  20. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).
  21. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>
  22. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.
  23. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futurollog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).
  24. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futurollog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).
  25. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25

листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу :  
<http://futurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.